DAS

AUGE DER GLIEDERTHIERE.

NEUE UNTERSUCHUNGEN ZUR KENNTNISS DIESES ORGANS

VON

DR. FRANZ LEYDIG,

PROFESSOR DER ZOOLOGIE UND VERGLEICHENDEN ANATOMIE.



GRATULATIONSSCHRIFT DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT IN TÜBINGEN ZUM FÜNFZIG-JÄHRIGEN DOCTORJUBILÄUM DES KAIS. RUSS WIRKLICHEN STAATSRATHS CARL ERNST v. BÄR IN ST. PETERSBURG.

TÜBINGEN, 1864.

VERLAG DER H. LAUPP'SCHEN BUCHHANDLUNG.

— LAUPP & SIEBECK. —

DRUCK VON H. LAUPP.

Inhalt.

Das Auge, das Organ für die Welt des Lichtes und der Farben, hat von jeher durch die äusserste Vollkommenheit und Zusammengesetztheit seiner Einrichtung die Bewunderung der Forscher auf sich gezogen. Während man aber bereits in älterer Zeit die Grundzüge seines Baues bei Wirbelthieren richtig erfasst hatte, ging die Erkenntniss des Auges sogenannt niederer Thiere, wie der Insekten und Krebse nur langsamen Schrittes voran; worüber man sich auch nicht wundern darf, wenn man die Schwierigkeiten bedenkt, welche der zu untersuchende Gegenstand darbietet.

Man hatte gefunden, dass das Auge des Menschen und der übrigen Wirbelthiere eine *hohle mit brechenden Medien gefüllte Kugel* vorstcllt, in deren Hintergrunde eine kelchförmige Ausbreitung des Sehnerven liege, nach aussen umfasst von einer Pigmentplatte. Die Membran der Kugel hat vorne einen zirkelrunden hellen Abschnitt, durch welchen das Licht einfällt; und gleichwie in dem mit dem Namen Camera obscura bezeichneten Instrumente durch Glaslinsen ein Bild der äusseren Gegenstände auf eincr matten Glastafel zu Wege kommt, so entwerfen sich im Inneren des Auges Bilder äusserer Objckte, die von der Nervenhaut gleichsam aufgetastet, durch den Sehnerven dem Gehirn zugeführt werden.

Als man nun mit dieser Erfahrung an das Studium des Auges von Krebsen und Insekten herantrat, erhielten die Beobachter den Eindruck, dass die Augen der Insekten auf eine „*ganz andere Weise organisirt seien*, als diejenigen der Wirbelthiere"; und je mehr man sich mit der Ergründung des Baues beschäftigte, desto bestimmter glaubte man aussprechen zu können, das Auge der Insekten habe „gar keine Aehnlichkeit mit dem menschlichen Auge, und demgemäss sei auch der Sehakt ein völlig anderer."

Die Beobachter unterschieden in der Zusammensetzung des Auges zwar leicht eine Art Hornhaut zum Durchgang des Lichtes, sowie auch das Analogon einer Pigmentplatte und nervöse Elemente, aber man fühlte sich betroffen, dass das Insektenauge nicht als hohle mit brechenden Medien gefüllte Kugel sich erkennen lassen wollte; „sogenannte Flüssigkeiten existiren hier nicht", im Gegentheile immer nur füllten in bestimmter Abwechslung und Anordnung Nervenfasern, Pigmente und Tracheen das Innere des Auges. Das Sehen geschehe daher hier nicht durch das Eindringen „versammelter Lichtstrahlen" in den Augapfel, sondern das „durch die Hornhaut durchgetriebene Licht setze durch blosses Anrühren die Nervenfasern in Bewegung."

Diess war ungefähr das Resultat eines Swammerdamm [1]), dessen Untersuchungen über das Auge der Biene und anderer Insekten, obschon jetzt mehr als hundert Jahre alt, doch bis zur Stunde unser Interesse und die genaueste Durchsicht verdienen und jedenfalls an Schärfe und Gründlichkeit der Beobachtung der soviel späteren Arbeit von Marcel de Serres [2]) in vielen Stücken vorangehen.

Einen Abschluss für lange Zeit erhielt die Frage nach dem Bau und der Sehweise der Arthropoden durch Joh. Müller. In seinem berühmten Buche: „Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns", als dessen Glanzpunkt immer der Abschnitt über das Sehen der Insekten und Krebse gilt, erklärt er, fussend auf zahlreichen neuen Entdeckungen, die ihm an den Neben- und Hauptaugen zu machen glückte, sowie auf Grund allgemeiner physikalischer Betrachtungen, dass die Neben- und Hauptaugen der Arthropoden, wie im Bau, so auch in der Funktion wesentlich von einander verschieden seien. Die Nebenaugen, auch einfache Augen genannt, kommen „in ihrer Struktur

1) Bibel der Natur. Taf. XX. Es ist bemerkenswerth, dass die Swammerdamm'schen Figuren, welche das ganze Auge veranschaulichen und bei gewöhnlicher Beleuchtung gehalten sind, in populären Schriften, selbst noch in einem in diesem Jahr erschienenen Werk, trotz ihrer Mängel nicht entbehrt werden können. Der Grund scheint darin zu liegen, dass Zeichnungen von Durchschnitten des Auges und bei durchgehendem Licht angefertigt, sich immer etwas nüchtern ausnehmen und den Nichtkennern weniger verständlich sind.

2) Mém. sur les yeux composés et les yeux lisses des insectes. Montpellier 1813. — Als ein belehrendes Beispiel, wie nicht Jeder zur Untersuchung dieser Organe berufen ist, kann man die Beobachtungen anführen, welche ein Hr. Ewing über die Struktur des Insektenauges in Brewster's Journal Nr. X. 1826 (Froriep's Notiz. 1826. Nr. 325) seiner Zeit veröffentlicht hat. Ein Aufsatz über den gleichen Gegenstand von ähnlichem Werth figurirt auch in der neuesten englischen Literatur.

am meisten mit den Augen der Fische überein"; es seien kollektive, das Licht sammelnde Augen, und nothwendig erfolge der Sehakt nach denselben Gesetzen welche für das Wirbelthierauge gelten. Hingegen die Haupt- oder fazettirten Augen seien auf Sonderung und isolirte Leitung der Lichtstrahlen eingerichtet; ihre Thätigkeit sei ein musivisches Sehen.

Diese Müller'sche Darstellung blieb über zwanzig Jahre lang nicht nur unangefochten, sondern erfreute sich allgemeiner Zustimmung. Die ersten Zweifel an der Richtigkeit der Lehre vom musivischen Sehen gingen von Gottsche[1]) aus. Derselbe wiederholte ein altes zuerst von Leeuwenhoek angestelltes Experiment, wonach hinter den Hornhautfazetten und selbst noch hinter den sogenannten Krystallkegeln das Bild des Objekts vervielfacht erscheint und in allen Fazetten klar ist. Wie sollte man sich da das Entstehen der musivischen Bilder im Sehfeld denken?

Bald darauf wandte ich dem Bau der Augen bei Krebsen, Spinnen und Insekten ein längeres Studium zu[2]). Ich war an die Untersuchung dieser Organe blos in der Absicht gegangen, die feineren histologischen Verhältnisse einer erneuten Prüfung zu unterwerfen, ohne im geringsten gegen den Grundgedanken des grossen Physiologen von vorne herein Bedenken zu hegen. Indem ich aber nach und nach sowohl die sogenannt einfachen als auch die zusammengesetzten Augen mit Sorgfalt zergliederte, stiess ich auf morphologische Thatsachen, die sich mit der Müller'schen Theorie schwierig oder gar nicht vertrugen.

Joh. Müller hatte wie schon bemerkt die einfachen Augen der Gliederthiere nach Bau und Funktion mit den Augen der Wirbelthiere verglichen, was auch ich zu bestätigen hatte. Während er dann aber das zusammengesetzte fazettirte Auge als nach einem anderen Schema aufgebaut darstellte, kam ich dem entgegen zum Ergebnisse, dass das fazettirte Auge nur eine Abänderung des einfachen Auges sei, mithin beide dem Grundplan des Wirbelthierauges sich annähern lassen.

Ich musste somit aussprechen, dass die einfachen und die zusammengesetzten Augen nicht im Gegensatz zu einander stehen, nicht nach zwei ganz

---

1) Beitrag zur Anat. und Physiol. des Auges der Krebse und Fliegen, Archiv für Anat. und Phys. 1852.

2) Zum feineren Bau der Arthropoden, Arch. f. Anat. u. Phys. 1855.

verschiedenen Typen gebaut seien, vielmehr grosse Aehnlichkeit unter einander haben. Folgerichtig musste ich dann auch in Frage stellen, ob wirklich zwischen dem Sehen mit den sogenannt einfachen und dem Sehen mit fazettirten Augen ein ganz principieller Unterschied herrsche und ich schloss mit dem Satz: „in soweit nach dem anatomischen Bau geurtheilt werden kann, scheint eine solche wesentliche Differenz nicht obzuwalten."

Fünf Jahre später erschien die Abhandlung Claparède's: „zur Morphologie der zusammengesetzten Augen bei den Arthropoden" [1]), in welcher der Verfasser mit der ihm eigenen Lebhaftigkeit den Gegenstand bespricht. Obschon darin meinen Untersuchungen im Ganzen genommen Bestätigung zu Theil wird, so hat Claparède doch andererseits mancherlei gegen mich vorzubringen. So um gleich eines hier nicht unerwähnt zu lassen.

Bei meinen morphologischen Studien hat mir immer der Gedanke vorgeschwebt, dass die zahlreichen „Thiertypen" bei aller Verschiedenheit denn doch auf gemeinsame Wurzeln zurück zu führen seien und in diesem Sinne habe ich denn auch bei meiner Arbeit über das Auge die morphologischen Verwandtschaften zwischen dem Auge der Wirbelthiere und der Arthropoden zu bestimmen gesucht. Claparède glaubt sich gegen meine Auffassung „verwahren zu müssen" und erklärt solches Beginnen „für reine Spielerei." Das anatomische Grundschema eines Arthropoden sei sowohl im Allgemeinen wie auch namentlich in Bezug auf das Sehorgan vom Wirbelthiertypus gänzlich verschieden. Hr. Claparède scheint, wenn er ein Jahr später, wie ich gelegentlich lese [2]), sich „sehr zu Gunsten" der Darwin'schen Theorie vernehmen lässt, diesen Machtspruch völlig vergessen zu haben. Oder wie lässt sich die Aeusserung von damals und jetzt zusammen reimen? Widerspricht nicht eine der andern geradezu? Ist nicht die Darwin'sche Theorie mit dem oben von mir befolgten Gedanken innig verknüpft?

Zweitens ist es mir durchaus unverständlich, wenn der geehrte Beobachter in Genf darthun will, ich sei trotz meiner anatomischen Auffassung des Auges an die Müller'sche Theorie gebunden; auch schiene ich mich blos zur Annahme der gegentheiligen Ansicht hinzuneigen.

---

1) Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. X, 1860.

2) R. Wagner, Bericht über die Arbeiten in d. allgem. Zoologie im Jahre 1861. Archiv f. Naturgesch. 1862.

Ich habe mich [1]) über diesen Punkt mit einer gewissen Rücksicht gegen den damals noch lebenden und hochverehrten Joh. Müller ausgesprochen; zumal da man fühlen konnte, dass dieser Forscher auf seine Lehre vom musivischen Sehen etwas hielt, und ich ausserdem damals wie jetzt noch der Ansicht Dubois-Reymond's bin, „dass es immer eine feine Leistung bleiben würde, die das tiefste Eindringen in die Bedingungen des Sinnes verräth, eine Art angegeben zu haben, wie die bildende Natur, wenn es ihr anders beliebt hätte, auch wohl noch hätte ein deutlich sehendes Auge schaffen können.“ Wem aber der Gegenstand geläufig ist und wer zwischen den Zeilen zu lesen vermag, wird nicht im Zweifel sein können, dass ich die Müller'sche Theorie für unhaltbar ansah; und eigentlich war derselben ja schon durch das Experiment von Leeuwenhoek und Gottsche der Boden weggenommen worden. — Auf andere Einwürfe werde ich unten antworten.

Denn ich nehme mir die Freiheit jetzt das Auge der Arthropoden wiederholt zur Sprache zu bringen, da ich unterdessen manche neue ergänzende und erweiternde Beobachtung gemacht habe. Was aber die Hauptpunkte betrifft, so darf ich von vorne herein erklären, dass ich von meinen früheren Mittheilungen nicht nur nichts zurückzunehmen habe, sondern ich bin durch weitere Erfahrungen noch mehr in meiner Anschauung vom einheitlichen Grundtypus der beiderlei Augenformen bestärkt worden.

Ich durchgehe jetzt die zusammengesetzten und einfachen Augen zunächst nach ihren Einzelheiten, um zuletzt wieder auf das Ganze zu kommen.

A. Zusammengesetzte Augen. (Fazettirte Augen, Netzaugen, Hauptaugen).

1. Hornhaut.

Die Cornea ist es, welche das Auge nach vorne begrenzt, im Allgemeinen und für sich betrachtet die Gestalt eines Uhrglases hat, von rundlichem oder ovalem Umriss, auch wohl vorne und innen ausgeschnitten erscheint. Ihre Konvexität

1) a. a. O. S. 443.

ist verschieden stark, zuweilen so beträchtlich, dass sie zu einer weit vorstehenden Halbkugel wird. Sie ist ferner eine unmittelbare Fortsetzung [1]) des Hautpanzers und besteht wie ich zuerst gezeigt, aus Chitinlamellen. Ihr Dickendurchmesser ist nach den einzelnen Gruppen sehr wechselnd. Bei den Käfern z. B. ist sie wohl durchweg dicker und stärker chitinisirt als bei den andern Ordnungen der Insekten [2]); daher treten hier auf dem senkrechten Schnitt die Schichtenlinien sehr scharf hervor. Noch jüngst fiel mir an dem schönen Laufkäfer Panagaeus crux major, den ich frisch untersucht, auf, wie hier der Durchschnitt der verhältnissmässig sehr dicken Hornhaut grell lichtbrechend ist und an verkalkte Häute erinnert, ohne dass jedoch nach Zusatz von Essigsäure Luftbläschen sich entwickelt hätten.

Was nun aber von jeher am meisten die Beobachter anzog war der Umstand, dass die Aussenfläche der Hornhaut nicht einfach glatt ist, sondern gefeldert oder fazettirt. Die Form der Fazetten, ob viereckig oder sechseckig, scheint von untergeordneter Bedeutung zu sein; bei den eigentlichen Krebsen sind sie meist viereckig, doch auch nicht selten sechseckig [3]). Bei einem und demselben Thier trifft man diesen Wechsel an. So sind die Felder bei unserem Flusskrebs der Mehrzahl nach viereckig, aber bei Durchmusterung grösserer Stücke gewahrt man auch fünf- und sechseckige. Bei Insekten ist die sechseckige Form die verbreitetere; Will fand bei allen Insekten die Fazetten nur sechseckig; ich sah bei Musca domestica mit Klarheit nicht blos sechseckige, sondern auch viereckige Fazetten [4]). Dass die Form der Fazetten ob vier- oder fünf- oder sechseckig auf den Sehakt nicht wesentlichen Einfluss hat sondern so ziemlich gleichgültig ist, geht auch daraus hervor, dass, wie ich beobachtet [5]), die Hornhautfazetten bei verschiedenen Käfern und Schmetterlingen vom Rande her dunkel gelb oder gelbbraun gefärbt sind, so dass nur ein rundes Centrum hell bleibt, welches die Lichtstrahlen eintreten

---

1) Serres (a. a. O.) lässt die Hornhaut „in eine Rinne der harten Theile des Kopfes eingefalzt" sein.

2) Die verschiedensten Beobachter gedenken der oft beträchtlichen Dicke dieser Haut bei den Käfern, welche Eigenschaft einfach darin begründet sein mag, dass die ganze äussere Haut der Käfer unter allen Insektenordnungen im Allgemeinen den dicksten Chitinpanzer hat.

3) Vergl. hierüber die Einzelangaben bei Will, Beitr. z. Anatomie der zusammengesetzten Augen, 1840 und in meiner oben citirten Abhandlung.

4) Meine Abhandlung. S. 425.

5) a. a. O. S. 417. S. 425.

lässt. Endlich spricht für die untergeordnete Bedeutung der Fazettenform die seit Joh. Müller bekannte Thatsache, dass es Krebse giebt, deren zusammengesetzte Augen nur eine glatte, fazettenlose Hornhaut besitzen.

Ungleich wichtiger als die Gestalt der einzelnen Felder scheinen mir die Wölbungen der Fazetten zu sein, wodurch linsenartige Abschnitte entstehen. Man sieht auch in diesem Punkte zahlreiche Zwischenstufen zwischen kaum angedeuteten Konvexitäten und stark ausgesprochenen halbkugeligen Linsen sowie auch ferner darin sich Unterschiede zeigen, dass bei der einen Art nur die äussere oder nur die innere Fläche sich wölbt, in andern Fällen beide. Bei den Krebsgattungen Herbstia, Ilia, Lambrus springt die Einzelfazette nach innen zu einer deutlichen halbkugeligen Linse vor, während sie beim Flusskrebs hier flach ist; bei den von mir untersuchten Käfern (auch bei dem vorhin erwähnten Panagaeus), war die innere Fläche immer, häufig auch die äussere Fläche konvex, doch die innere ungleich mehr, als die äussere. Von Timarcha tenebricosa habe ich mir angemerkt, dass während nach innen die Fazetten scharf vorspringende Linsen erzeugten, die Hornhaut nach aussen völlig glatt war. Starke Linsenartige Wölbungen nach innen boten auch die Hemipteren dar, welche ich unter den Händen hatte (Hydrometra, Notonecta); während bei Dipteren (Musca) dieser innere linsenartige Vorsprung nur schwach entwickelt war. Endlich bei Lepidopteren (Liparis) waren die Fazetten der Hornhaut, welche hier im Ganzen um vieles weicher und dünner als diejenige der Käfer ist, nach aussen gewölbt, die innere Fläche erschien eben. Noch jüngst sah ich diess Verhalten auch bei Sphinx convolvuli und Acherontia Atropos [1]).

Kann die innere Fläche der Hornhautfazette auch konkav sein? Diese Frage ist von den Beobachtern bis jetzt verschieden beantwortet worden. Swammerdamm hatte bei der Biene an dieser Stelle Konkavitäten erwähnt: es sei die „Hornhaut von innen in runde Höhlgen oder Löffelgen abgetheilt.“ Bei einem nah verwandten Insekt, bei der Horniss schien es auch Treviranus, als ob die hintere Fläche nicht konvex, sondern konkav sei. Will hingegen erklärt, dass sowohl bei Apis mellifica als auch bei Vespa crabro die vordere

1) Vergl. hinsichtlich meiner früheren Beobachtungen a. a. O. z. B. Fig. 30, Fig. 32, Fig. 35, Fig. 36 auf Taf. XVII. Dann bezüglich des Neueren meine Tafeln zur vergleichenden Anatomie, Heft I. Taf. X. Fig. 2.

und hintere Hornhautfläche konvex sei, die innere sogar etwas stärker, und spricht überhaupt aus, dass er nie konkave Endflächen der Hornhautfazetten gefunden habe. Mit dieser letzten Aeusserung kann ich mich nicht ganz einverstanden erklären. Wie die Verhältnisse der Biene und Horniss in diesem Punkt sind, habe ich mir nicht aufgezeichnet, aber ich habe mir z. B. von der Larve der Aeshna grandis notirt, dass die Fazetten nach innen vertieft sind, während die Aussenflächen sich wölben. Von einer entschieden konkaven Hornhaut werde ich auch unten bezüglich der einfachen Augen zu melden haben.

Bemerkenswerth für die Formverhältnisse der Hornhaut ist noch, dass die Felder bei verschiedenen Arthropoden eine gewisse *viertheilige Zeichnung* oder kreuzförmige Figur darbieten, welche in nächster Beziehung zu einer ähnlichen Gliederung der hinter der Hornhaut folgenden Nervenelemente steht [1]). Ich werde darauf zurückkommen.

2. Sklerotika.

Hinsichtlich dieser Augenhaut habe ich die bisher geltenden Angaben wesentlich zu verbessern. Man glaubte früher zu bemerken, dass eine eigentliche Sklerotika fehle und es wurde „die vollständige Abwesenheit einer besonderen äusseren Umhüllung“ zu den hervorstechenden Eigenthümlichkeiten des Auges der Arthropoden gezählt. Nur bei den höheren Krebsen mit freibeweglichen oder Stielaugen verglich man die äussere Haut, welche das Auge umgiebt, einer Sklerotika. Mir selbst [2]) schien bei Spinnen und Insekten anstatt gedachter Haut nur soviel zarte Bindesubstanz da zu sein, als eben hinreiche, um die nervösen und muskulösen Theile sowie die Pigmentanhäufungen und Tracheen zu stützen.

Unterdessen haben mich fortgesetzte Untersuchungen finden lassen, dass in vielen Fällen eine wirkliche und zwar derbhäutige Sklerotika vorhanden ist, und zwar in Form einer Kapsel, welche das Auge rings umgiebt und vorne mit der Hornhaut zusammenfliesst. Ich habe sie zuerst von Dytiscus marginalis

1) Vergl. meine Angaben hierüber bezüglich der Krebse a. a. O. (Arch. für Anat. und Phys.) z. B. S. 408, 411, 416. Auch bei Insekten ist diese kreuzförmige Figur oft sehr deutlich; ich sah sie jüngst wieder bei Sphinx convolvuli.

2) Histol. S. 258.

kennen gelernt [1]. Man bringt sich dieselbe dadurch zur Ansicht, dass man das Auge in der Horizontalebene mit einem guten Messer halbirt; es erscheinen jetzt die Seitenwände und der Boden der Sklerotika als schwache Begrenzungslinien des Auges. Spült man darauf unter Zuhilfenahme eines feinen Pinsels die Weichgebilde weg, so bleibt an dem halbirt gewesenen Organ unsre Haut als deutliche Schale zurück.

Später habe ich an zwei grossen Abendfaltern, an Sphinx convolvuli und Acherontia Atropos [2], vom Dasein dieser Sklerotika mich ebenfalls überzeugt und noch etwas näher auf den feineren Bau angesehen. Hierüber Folgendes.

Die Seitenwand verläuft ziemlich geradlinig; nur bei Acherontia Atropos wölbt sie sich im hinteren Umfang etwas vor, man könnte sagen, schwach wulstförmig, worauf sie wieder sich leicht einbiegt. Ihrer Struktur nach ist sie so gut wie die Cornea und die äussere Haut eine chitinisirte Kutikularbildung, was nach meiner Auffassung soviel als chitinisirte Bindesubstanz ist. Sie hat zum Theil das bekannte, horngelbe Aussehen der chitinisirten Gewebe; zum Theil erscheint sie schwarz gefärbt, wobei ich bestimmt sah, dass das Pigment kein körniges sei, sondern ein mit der Substanz der Sklera verbundenes, ein gewissermassen festgewordenes diffuses Pigment. Indem ich die Sklera von Sphinx convolvuli bei starker Vergrösserung untersuchte, konnte ich an ihr zwei Lagen unterscheiden. Die äussere war hell, farblos und von zahlreichen Poren durchbrochen; die andere darüber liegende war von ganz besonderem Aussehen und erinnerte in gewisser Beziehung an eine elastische, durchbrochene Membran, oder an eine sogenannte gefensterte Haut. Am vordersten Abschnitt der Sklera, also zunächst des Umfangs der Cornea ist diese zweite Lage bräunlich und erzeugt schon für's freie Auge eine wohl unterscheidbare Zone; weiter nach hinten wird sie tiefschwarz, wobei dann auch die vorhin angezogenen Lücken fast völlig verschwinden. Die Farbe liegt abermals in der Haut selbst und ist kein körniges, etwa aufgelagertes Pigment.

Merklich verschieden von der Beschaffenheit der Seitenwände erscheint der Boden der Sklerakapsel. Einmal ist hervorzuheben, dass er etwa wie der Boden einer Weinflasche ins Innre sich erhebt; Form und Grösse der Wölbung

---

1) Eine Abbildung hievon habe ich in meinen Tafeln zur vergleichenden Anatomie, Taf. VII, Fig. 2 gegeben.

2) Sieh. m. Tafeln zur vergl. Anat. Taf. X. Fig. 1, 2.

stehen im Abhängigkeitsverhältniss zu den gleichen Eigenschaften der Hornhaut. Die Membran des Bodens hat nicht entfernt die Dicke der Seitenwände, sondern ist als dünn zu bezeichnen.

In meinen früheren Mittheilungen und Abbildungen hiess ich besagten Theil einfach „Oberfläche des Sehganglion" oder auch mit Gottsche „Retina". Vielleicht richtiger hat schon Treviranus, wie ich nachträglich finde, diesen dünneren Abschnitt des Bodens als „häutige Platte bezeichnet, die das Innere der Augen von der Kopfhöhle scheidet" [1]. In meinen neueren Darstellungen [2] nannte ich sie „papillenförmige Erhebung des Bodens der Sklerotika," oder „die das Auge nach hinten abschliessende Haut."

Noch habe ich bei beiden der genannten Abendfalter eine andere bisher von Niemanden bemerkte Eigenthümlichkeit wahrgenommen. Sie besteht in der Anwesenheit eines Kranzes langer Zacken, welche vom hinteren Rand der Sklerotika abgehen und sich rings um die Basis der bezeichneten papillenförmigen Erhebung erstrecken [3]. Bei geringer Vergrösserung können diese von Farbe hornbraunen Zacken einfach spitz erscheinen, indessen bei starker Vergrösserung ergibt sich, nicht nur dass die Zacken sich gerne theilen, sondern dass jeder noch in einen hellen häutigen Saum ausgeht, der sich nach den Spitzen zu weiter ausfasert und vielleicht schliesslich sich in weiche Bindesubstanz auflöst. So lange man Form und Lagerung der Zacken nicht genauer kennt, erhält man an abgetragenen Scheiben aus dem Auge leicht den Eindruck, als ob ein stark chitinisirtes Horngitter die zum Eintritt ins Auge sich anschickenden Bündel der Nervenfasern umgebe.

3. Choroidea und Iris.

Unerlässliche Bestandtheile des Auges sind die beiden genannten Bildungen. Was ihr allgemein morphologisches Verhalten betrifft, so erscheinen sie auf den ersten Blick sehr abweichend von der Pigmenthaut derjenigen Augenformen, welche Hohlkugeln vorstellen; man könnte meinen, als ob die Elemente der Choroidea wie Iris lediglich zwischen die Nervenfasern vertheilt seien, entweder

---

1) Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens 1831, Bd. II, S. 2.

2) Tafeln zur vergleichenden Anat. Taf. VI, Fig. 5,d; Taf. X, Fig. 1,h[1], Fig. 2.

3) a. a. O. Fig. 2,d[1]; in grösserer Ausdehnung und bei geringer Vergrösserung auch bei Fig. 1 sichtbar.

so, dass letztere nach ihrer ganzen Länge davon umhüllt sind, wie solches z. B. bei Bienen, Wespen, Ameisen der Fall ist, oder nur stellenweise, wodurch im Grossen und Ganzen gürtel- oder zonenartige Ausbreitungen des Pigments hervortreten.

Allein halbirt man das Auge etwa eines Käfers oder Schmetterlings völlig in der Horizontalebene, so tritt denn doch andrerseits auch wieder eine Aehnlichkeit mit den hohlkugligen Augen hervor. Hier zeigt sich deutlich, dass unmittelbar unterhalb der Sklerotikalkapsel rings um das Auge eine dicke Pigmentschale [1]) vorhanden ist, von welcher die vorerwähnten Gürtel gewissermassen nur Fortsetzungen ins Innere sind, bedingt durch die eigenthümliche Entfaltung der Nervenelemente und durch das Verwebtsein der letzteren mit der Choroidea.

Diese Pigmentschale mit den gürtelartigen Füllungen, für welche zusammen ich die Bezeichnung Choroidea in Anwendung bringe, ist immer schwarz (genauer dunkel violett), gehört mehr der Tiefe des Auges an und zerfällt häufig wieder in einige Zonen von verschiedener Breite. Näher der Hornhaut, unmittelbar unter ihr oder im Bereich der sogenannten Krystallkegel liegen manchfache andere Farbstoffe, welche ich auf die Iris beziehe, wobei übrigens schon jetzt im Voraus bemerkt sein mag, dass es ausserdem noch Färbungen gibt, welche einem Tapetum zu vergleichen sind.

Swammerdamm fasste alles Pigment des Auges zusammen unter dem Namen „Traubenhaut"; Serres hingegen richtiger unterscheidet zwischen dem „Ueberzug oder Firniss der Hornhaut" und der „schwarzen Farbe oder Firniss der Choroidea".

Ich habe bereits früher über die Vertheilung des Choroidealpigments einige spezielle Angaben veröffentlicht [2]). Die theilweise sehr hervortretende streifige Gruppirung des Pigmentes rührt her von der radiären Anordnung der das Innere des Auges durchziehenden Elemente; insbesondere hatte ich dabei als neue Beobachtung vorzubringen, dass die Pigmentstreifen zum Theil feine vom Pigment umhüllte Muskelfäden seien, und beschrieb sie zuerst von einem

---

1) Tafeln zur vergleichenden Anat. Taf. X, Fig. 1.

2) In der wiederholt citirten Abhandlung im Arch. f. Anat. u. Physiol. 1855, S. 408 (Herbstia), S. 410 (Astacus fluviatilis und marinus), S. 421 (Käfer), S. 422, 423 (Orthopteren), S. 425 (Lepidopteren).

Koleopteren näher [1]. Claparède auf diese meine Angaben Bezug nehmend [2], scheint einige, wenn auch geringe, Bedenken gegen die muskulöse Natur der Fäden zu hegen; ich habe indessen von Neuem das Auge des Dytiscus marginalis frisch und mit Reagentien untersucht und muss auf der Richtigkeit meiner Mittheilungen bestehen. Die Fäden, welche auch dort den Nervenstab umgeben und theilweise pigmentirt sind, stellen wirklich Muskelstreifen oder in Anbetracht ihres schmalen Querdurchmessers nach herkömmlicher Bezeichnung „Muskelfibrillen" vor. Ich konnte diessmal das vorzügliche Hartnack'sche System 8. anwenden, und habe wie dazumal die sichere Ueberzeugung erhalten, dass man es hier mit kontraktilen Elementen zu thun habe und bemerke noch insbesondere, dass die Fibrillen, wo sie in Menge beisammenliegen, durch eine noch vorhandene Zwischenkörnermasse an die etwas eigenthümlichen Muskeln der Flügel erinnern.

Die Muskeln erstrecken sich ferner auch in jene Pigmentzone, welche ich der Iris vergleiche; auch habe ich schon früher bei einigen Hymenopteren die Thätigkeit dieser Muskeln geradezu beobachtet [3]. Das Verhalten der Muskelfäden an dieser Stelle vermag ich jetzt nach neueren Studien an Abendfaltern noch näher zu bezeichnen. In meiner frühern Arbeit konnte ich blos sagen, dass die von hinten nach vorne tretenden Pigmentstreifen sich um den Krystallkegel zu einem irisartigen Ring vereinigen, der an Präparaten, welche lebenden Thieren entnommen waren, in verschiedenem Kontraktionszustand sich befand. An Acherontia Atropos, wo ich gerade diesen Punkt näher in's Auge fasste, ergab sich, dass jeder der theilweise pigmentirten Muskelstreifen — und es gehören je vier zu einem Nervenstab — sich innerhalb des irisartigen Gürtels in ein feines Büschel auflöst, wodurch eine Art radiäres Muskelgeflecht entsteht, und so die Bewegungen der Iris noch begreiflicher werden. Ein gleiches zaserig aufgelöstes Ende hat aber auch der einzelne Muskelfaden an seinem unteren Ende. Ich bitte hiezu den von mir gelieferten Durchschnitt des Auges von Acherontia anzusehen [4].

---

1) a. a. O. S. 421, Fig. 33,k (Procrustes), Fig. 37,d (Acridium).

2) In d. oben citirt. Abhandlung., Zeitschr. f. wiss. Zool. 1860, S. 206.

3) a. a. O. S. 424 (Biene, Horniss, Hummel), Fig. 38.

4) M. Tafeln zur vergl. Anat. Taf. X, Fig. 2,f (weiter nach innen die Muskeln in ganzer Ausdehnung).

Ueber das Pigment der Iris mag ich nicht unbemerkt lassen, dass ähnlich wie bei vielen Wirbelthieren, namentlich Fischen, Amphibien und Reptilien, die Iris auch bei Arthropoden nicht immer einfach dunkel, sondern oftmals weiss, weissgelb, weissgrau, annähernd metallisch [1]) gefärbt ist. Auch möchte ich auf die Uebereinstimmung hinweisen, welche gar nicht selten zwischen der Hautfärbung des Leibes und dem Irispigment sich deutlich kundgibt. So ist es schwarz bei sehr vielen Käfern, graulich gelb bei vorherrschend gelben Schmetterlingen (z. B. Colias Edusa), bei graubraunen Heuschrecken, z. B. Acridium coerulescens, ist es ebenfalls graubraun.

Im Auge der Wirbelthiere bilden Blutgefässe einen Hauptbestandtheil der Choroidea. Anstatt der Blutgefässe durchziehen das Auge der Insekten Luftgefässe oder Tracheen in reichlichster Menge. Schon Swammerdamm bemerkt: „Es ist sehr wunderbar, wie und in was für einer grossen Menge die Luftröhren . . . hinaufklimmen"; auch Serres hebt „die zahllose Menge kleiner Luftgänge" hervor. Die folgenden Autoren haben den Tracheen weniger Aufmerksamkeit geschenkt; Will gesteht sogar in seiner ersten Arbeit, er habe niemals Luftröhren in den weichen Theilen des Auges gesehen, später hat er sie zwar offenbar bemerkt, aber für etwas ganz anderes gehalten [2]).

Ich hatte als Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Tracheen ausgesprochen einmal, dass „sich bei allen von mir namhaft gemachten Insekten feine Tracheen zwischen den Augenschläuchen verbreiten"; dann zweitens, dass „bei einem Nachtfalter (Liparis salicis) die Tracheen an bezeichneter Stelle so zahlreich auftreten und einen Silberglanz bewirken, dass man ein Tapetum zu erblicken glaubt." Weitere Mittheilungen über dieses Tapetum gab ich später in meinem Lehrbuch der Histologie [3]). Endlich drittens hatte ich von einem Zweiflügler (Syrphus) ein ganz besonderes Verhalten dieser Tracheen zu

1) Dass übrigens manche metallisch glänzenden Färbungen des Auges z. B. die prächtig goldglänzende Färbung bei Hemerobius, Tabanus nicht von Pigmenten abhängen, sondern ähnlich wie der Metallglanz des Vogelgefieders ein Lichtbrechungsphänomen der Hornhaut sind, ist bekannt und bedarf keiner weiteren Erörterung. — Aus dem sonst mattdunkeln Auge des frischen Rhagium mordax sehe ich prächtig goldglänzende Flecken hervorschimmern. Sie ändern Grösse und Lage nach der Stellung in der man das Auge betrachtet, und gehören offenbar zu den von mir schon seiner Zeit gedachten wandernden Augenflecken (Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 431).

2) Vergl. m. Abhdlg. z. feiner. Bau d. Arthrop. S. 419.

3) S. 255.

verzeichnen. Bei dieser Gattung erweitern sich die dünnen Tracheenröhrchen zwischen den Nervenscheiden zu langen, gerade gestreckten und blind geendigten Schläuchen [1].

Anknüpfend an diese früheren Mittheilungen möchte ich jetzt aus meinen neueren Erfahrungen besonders das herausheben, dass bei zahlreichen Insekten die von mir bei Liparis zuerst erwähnte, durch die Menge der Tracheen erzeugte, glänzend weisse Zone vorhanden ist. Ich sehe sie sehr schön z. B. bei Sphinx Convolvuli und Acherontia Atropos. Halbirt man hier das Auge horizontal, so erblickt man ohne weitere Hilfsmittel zunächst um die papillenförmige Erhebung des Bodens der Sklerotika einen schwarzen Pigmentgürtel; darauf nach vorne zu eine glänzend weisse Zone, die, hat man das Auge eines lebenden Thieres durchschnitten, noch nebenbei einen gewissen röthlichen Schimmer hat.

Die mikroskopische Untersuchung belehrt, dass die glänzend weisse Farbe besagter Zone von feinen äusserst dicht beisammenstehenden Tracheen herrührt. Dieselben sind regelmässig büschelförmig geordnet, und jeder Büschel hat noch innerhalb des Auges eine gemeinsame Wurzel, welche den nach innen gewölbten Sklerotikalboden des Auges durchdringt [2]. Mit Bezug auf den Rosaschimmer dieser Zone am lebenden Falter sei gleich bemerkt, dass er, was ich schon anderwärts [3] mittheilte, von den zwischen den Tracheen liegenden Nervenstäben herrührt. Ich werde unten nochmals auf diese Zone bei Erörterung des Leuchtens der Insektenaugen zurückkommen. Einstweilen sei aber noch angefügt, dass ich auch bei anderen Insekten, also nicht etwa blos bei solchen, die in der Dämmerung fliegen, den gleichen glänzend weissen Gürtel wahrgenommen habe. Wer z. B. bei Copris lunaris das Auge herausschält, muss sofort den Schiller von Weiss und Rosa dieser Stelle erblicken. Nun wäre dieser Käfer allerdings ein solcher, der erst gegen Abend munter wird; allein ich habe Aehnliches auch beim grossen Perlenmuttervogel (Argynnis Paphia) sowie bei Volucella pellucens und andern Insekten beobachtet, welche im hellen Sonnenschein fliegen.

Es wurde vorhin auf eine von mir gefundene eigenthümliche Form der Tracheenendigung im Auge des Syrphus erinnert. Ebensolche schlauch-

---

1) a. a. O. (Arch. f. Anat. u. Phys. 1855) S. 426, Taf. XVII, Fig. 39,d.

2) Man sehe m. Tafeln zur vergl. Anat. Taf. X, Fig. 1,l; Fig. 2,h.

3) Histologie S. 255.

artige Verbreiterungen habe ich gelegentlich auch bei einem anderen Zweiflügler, der vorhin schon genannten Volucella, dann bei Aeshna grandis wahrgenommen; in diesem Netzflügler sowohl bei Puppen, die dem Ausschlüpfen nahe waren, als auch beim fertigen, fliegenden Thier. In der Puppe scheinen die Schläuche ohne den sogenannten Spiralfaden zu sein, bei der Imago glaube ich aber einen feinen „Spiralfaden“ an den luftleer gewordenen Tracheen zu erblicken [1]).

Ich meine nicht zu irren, wenn ich die Büschel feiner Tracheenröhrchen, in welche je ein ins Auge getretenes Tracheenästchen bei den einen Arten regelmässig sich auflöst, während sie bei andern Insekten an gleicher Stelle sich schlauchartig verbreiten, als innigst verwandte Organisationen betrachte. Ich werde darin umsomehr bestärkt, als ich an Copris lunaris wahrgenommen, wie beim Besehen des Augeninnern unter geringer Vergrösserung man den Anblick hat, als ob die Tracheen von Schlauchform wären, durch stärkere Vergrösserung aber belehrt wird, dieses nur scheinbar sei, indem jetzt jeder der vermeintlichen Schläuche sich als ein aus feinen Tracheenröhrchen bestehender Büschel erkennen lässt.

4. Stratum bacillosum der Retina.

Obschon in ähnlicher Weise wie bei den Cephalopoden und anderen Wirbellosen auch hier bei den Arthropoden die Choroidea und Retina innig mit einander verwebt sind, so dass die Aufstellung derselben als gesonderte Schichten etwas künstliches hat, muss man doch im Hinblick auf die Grundzüge des Baues des Sehorgans diesen Weg der Trennung einschlagen.

Es handelt sich hierbei vornehmlich um die Theile, welche die frühern Autoren als „Krystallkegel“ und als „Nervenfasern“ unterschieden hatten.

---

1) Dugés hat schon vor mehr als dreissig Jahren einen Durchschnitt des Auges einer Libelle gegeben, auf der unsere Tracheen abgebildet erscheinen, aber von dem sonst so vortrefflichen Beobachter verkannt wurden. Annal. d. scienc. nat. Tom. XX, 1830. Pl. XII. Er hält die dünneren Stiele für die ins Auge getretenen Nervenfasern und die erweiterten Schläuche für „corps diaphanes“, die den Krystallkegeln gleichwerthig seien. Und obschon er ausdrücklich zu begründen sucht, dass die von ihm beschriebenen Bildungen keine Tracheen wären, so muss ich doch dabei bleiben, dass hier eine Verwechslung untergelaufen und die Dugés'schen „Cylindres“ und „filets nerveux“ dennoch Tracheen sind.

Die sogenannten Krystallkegel müssen wohl Jedem, der das zusammengesetzte Auge zu untersuchen beginnt, sehr bald auffallen. Daher hatten sie bereits Swammerdamm [1]), Leeuwenhoeck, Cavolini u. A. als helle, durchsichtige Organe angezeigt, welche hinter den Fazetten der Hornhaut lägen, die Basis gegen die Hornhaut, die Spitze gegen das Innere des Auges gerichtet. Nicht recht begreiflich ist es dann allerdings, dass Marcel de Serres, der das Insektenauge aus allen Ordnungen zergliederte, fragliche Bildungen übersehen konnte. Erst am Schlusse, als „die Abhandlung eben gedruckt wurde", scheint er bei Wiederaufnahme der Untersuchung von Sphinx und Noctua der Krystallkegel ansichtig geworden zu sein; wenigstens dünkt es mir, dass die Angabe „von einer Art Krystalllinse", die er jetzt erkannt habe, so auszulegen sei. Da er nun wiederholt, dass sich in den Augen anderer Insekten nichts der Art finde, so hält er auch nöthig zu erklären, dass „das, was er über das Gesicht der Insekten im Allgemeinen gesagt habe, auf (diese Schmetterlinge) gar nicht angewandt werden kann".

Bei uns hatte Treviranus die Krystallkegel von Neuem als eine besondere Bildung aus der Blatta orientalis beschrieben und als Joh. Müller [2]) hierauf dem Bau des Arthropodenauges seine Thätigkeit zugewendet hatte, stellte er als ein Hauptergebniss seiner Forschungen hin, dass diese Organe den zusammengesetzten Augen aller Insekten und Krebse zukommen und es liege nur an der Art der Untersuchung, wenn man sie bisher nicht bemerkt habe. Da Treviranus [3]) dagegen einwandte, dass Krystallkegel sich zwar bei einigen aber nicht bei allen Insekten finden, so wiederholte Joh. Müller seine Untersuchungen in grösserem Umfang [4]) und glaubte jetzt gesehen zu haben, dass zwar fragliche Körper „ziemlich allgemein" im Auge der geflügelten Insekten und vollkommenen Krebse zugegen seien, dass es aber doch, wenn auch selten,

---

1) Bei diesem Autor kann übrigens nur Figur 10 auf Taf. XI (der Bibel der Natur), den Pagurus betreffend, hier angezogen werden. Wenn wie Andere meinen, auch von der Honigbiene auf Tab. XX die Krystallkegel isolirt vorgestellt sein sollen, so ist das gewiss irrig; denn auf Fig. 1 ist mit h als kegelförmige Figur ein ganzer Radius, wie er vom Grunde des Auges bis zur Fazette aufsteigt, gezeichnet: also das, was ich Nervenstab und Krystallkörper nenne, mit andern Worten die ganze Nervenfaser.

2) Zur vergleichend. Physiol. des Gesichtssinnes, 1826.

3) Beitr. z. Anat. u. Phys. d. Sinneswerkzeuge. 1828. S. 86.

4) Fortgesetzte anatomische Unters. üb. den Bau d. Augen bei Insekten und Krustaceen, Arch. f. Anat. u. Phys. 1829.

Ausnahmen gäbe. So habe er bei verschiedenen Fliegen (Musca domestica, M. carnaria) niemals durchsichtige Kegel hinter der Hornhaut gefunden. Hingegen kommt er noch in demselben Jahre [1]) in einem besonderen Artikel auf die Augen des Maikäfers zu sprechen, da es ihm schien, als ob Straus-Dürkheim in seinem berühmten Werke über dieses Thier die Krystallkegel übersehen habe [2]). Joh. Müller weist nach, dass sie sich auch hier finden, und das Auge dieses Käfers sich durch nichts von dem allgemeinen Bau des fazettirten Auges unterscheide. Im Anschluss an seine Untersuchungen über das Auge der Entomostraceen beschreibt derselbe Forscher auch bald darauf die Krystallkörperchen des Argulus foliaceus nach ihrer Form, Konsistenz und Stellung [3]).

Müller hatte, wie bemerkt, seine frühere Behauptung, dass die Krystallkegel allen Insekten zukommen, später etwas eingeschränkt, da er die fraglichen Organe in der That bei manchen Insekten nicht darzustellen vermochte. Doch lag diess negative Resultat offenbar nur an der Methode und den Hilfsmitteln der Untersuchung; denn später gelang es Will [4]) die Krystallkörperchen in allen fazettirten Augen, selbst bei Dipteren u. a., nachzuweisen.

Unterdessen war aber auch eine andere Seite der Krystallkörperchen, nämlich ihre Beziehung zu den dahinter liegenden Nervenfasern näher geprüft worden.

Schon ältere Beobachter, wie Cuvier, hatten die kegelförmigen Körper in dem Insektenauge für Fortsetzungen des Sehnerven genommen. Die unten anmerkungsweise erwähnten Angaben von Straus über den Maikäfer sind vielleicht in ähnlichem Sinn auszulegen.

Joh. Müller folgte in seiner Auffassung der Krystallkegel dem Eindruck den Jeder empfängt, der das Auge eines Insekts zum erstenmal untersucht, und gerade ein Thier gewählt hat, bei welchem die Kegel besonders gross, und von

1) Ueber die Augen des Maikäfers, ebendas. 1829.

2) Es ist mir wahrscheinlich, dass Straus fragliche Bildungen doch nicht ganz übergangen habe. Mit den birnförmigen Anschwellungen, in welche die Fasern des Sehnerven hinter den Fazetten sich endigen, sind wohl kaum etwas anderes als die „Krystallkegel“ gemeint. Straus irrt aber darin, dass er die von ihm bei Daphnien erkannten „Cristallins“ den „Prismen der Hornhaut“ im Auge des Maikäfers vergleicht und darum hatte der Müller'sche Aufsatz seine volle Berechtigung.

3) Ueber d. Bau d. Augen bei Argulus foliaceus, Zeitschrift f. Physiol. Bd. IV, 1832.

4) Beitr. z. Anat. d. zusammenges. Augen, 1840.

fester Beschaffenheit sind. Die Kegel erscheinen dann bei der gewöhnlichen Präparationsweise so frei und selbständig, und brechen das Licht so stark, dass der Gedanke, sie als Ende der Nervenfasern in Anspruch nehmen zu sollen, kaum eine günstige Aufnahme zu gewärtigen hat. Joh. Müller hat denn auch ausdrücklich die Kegel überall für lichtsondernde Körper (oder Linsen) erklärt, die zwischen die Enden der Sehnervenfasern und die innere Oberfläche der Hornhaut geschoben seien. Nur dasjenige Licht gelange durch den Kegel zur Spitze der Faser des Sehnerven, welches durch die Achse des Kegels einfalle.

Es hätte dieser Ansicht schon gefährlich werden können, als man feststellte, dass die Sehnervenfasern mit den Kegeln verbunden seien und zwar nicht blos an der Spitze. R. Wagner[1]) erkannte diess zuerst; er sah bei Sphinx Atropos, dass das Sehnervenfädchen die Spitze der Kegel kelchförmig umfasse und dann als Saum an beiden Seiten des Kegels bis zu seiner vorderen Fläche und zur Hornhaut fortgeht. Genannter Forscher deutet das Verhalten so, dass der Nervenfaden um den Krystallkegel eine scheidenartige Retina bilde. Das fazettirte Insektenauge erscheine als innig aggregirte einfache Augen. Demnach müssten nicht blos die Achsenstrahlen sondern auch die übrigen Lichtstrahlen den Nerven treffen, da sie sogut auf die Retina fallen, wie beim menschlichen Auge.

Als ich in der mehrerwähnten Arbeit das Arthropodenauge auf seinen feineren Bau untersuchte, kam ich bezüglich der Krystallkegel zu dem Befund, dass dieselben den Nervenfäden nicht blos ansitzen, sondern unmittelbare Fortsetzungen, die vordern Partien oder Enden der Nervenfäden seien und hier lediglich eine andere Natur angenommen haben.

Zunächst glaube ich hiebei bemerklich machen zu dürfen, dass durch meine Mittheilungen die wahre Form der sogenannten Krystallkörper zuerst bekannt wurde. Die früheren Beobachter nennen sie entweder einfach birn- oder kegelförmig; später sah man sie bei Druck in mehrere dreiseitige Prismen zerklüften, von denen man bald sechs bald vier zählte.

Ich zeigte an Krebsen und Insekten, dass der einzelne Krystallkörper der Länge nach in vier Segmente zerfalle, daher am freien verdickten Ende regel-

---

1) Einige Bemerkungen üb. d. Bau d. zusammeng. Augen, Archiv f. Naturgesch. 1835.

mässig vierbuckelig sei und die Seitenflächen vierwulstig werden [1]). Dass diese Bildung durchgreife ging auch daraus hervor, dass ich noch bei niederen Krebsen, den Daphniden, deren Krystallkörper man bisher ebenfalls als einfach birnförmig beschrieb und abbildete, von gleicher Gestalt sah [2]). Claparède [3]), indem er meine Angaben bestätigt, fügt bei, dass ihm bisher keine Ausnahme von diesem Verhalten vorgekommen sei. Noch ist im Hinblick auf die Gestalt des Krystallkörpers anzuführen, dass derselbe in Fällen, wo er hart hinter die linsenartigen Wölbungen der Hornhaut zu liegen kommt, durch Angedrücktwerden an die Linse eine Eintiefung erhält. Solcher Vertiefungen gedenkt auch bereits R. Wagner. Ich nenne als Beispiele hierzu aus meiner neueren Erfahrung Dytiscus marginalis und Sphinx convolvuli; früher habe ich diess Verhalten von Dynastes abgebildet.

Was die Entstehung der Krystallkörper betrifft, so bin ich der Ansicht, dass der einzelne Körper aus vier zusammengeschmolzenen Zellen seinen Ursprung nimmt. Hiefür spricht besonders das, was ich seiner Zeit von Acridium coerulescens mitzutheilen und abzubilden hatte [4]). Dort sind die Krystallkegel in frischem Zustande äusserst weich und vergänglich; aber trotzdem lässt sich bei gehöriger Vorsicht nicht blos sehen, dass sie in vier Segmente zerfallen, sondern dass auch, was für gegenwärtige Frage wichtig ist, jedes Segment noch einen rundlichen kernartigen Fleck besitzt. Auf eine direkte Umwandlung von Zellen in Krystallkegel weisen auch meine Angaben über die Entwicklung dieser Theile bei den Blattläusen hin [5]). Der Glanz und die Lichtbrechung tritt, wie ich bei Daphniden sah, erst nach und nach ein [6]). Hält man alles dieses zusammen mit der aus vier Zellen bestehenden hinter dem Krystallkegel folgenden Anschwellung, wie ich sie von Herbstia [7]), Procrustes [8]),

---

1) a. a. O. (Arch. für Anatomie und Physiol. 1855) z. B. Seite 407 (Herbstia, Taf. XVII, Fig. 32,e); S. 409 (Astacus, Fig. 30,d); S. 415, S. 420 (Procrustes Fig. 33) etc.

2) Naturgesch. d. Daphniden, 1860, S. 37, Fig. 1,c, c¹; Fig. 14,a; Fig. 44 etc.

3) a. a. O. S. 494. — Vergl. auch meine Angaben über die Krystallkegel von Artemia und Branchipus (Zeitschrift f. wiss. Zool. 1851, S. 295), wo auch bereits der Reihe heller Kügelchen im Innern (Taf. VIII. Fig. 91 f.) gedacht wird.

4) a. a. O. (Arch. f. Anat. u. Phys. 1855) S. 422, Fig. 37,b.

5) Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. II, 1850. S. 65.

6) Vergl. m. Naturgesch. d. Daphniden, 1860. S. 134.

7) a. a. O. Fig. 32,d.

8) a. a. O. Fig. 33,e.

Dynastes [1]) beschrieben und gezeichnet, so gewinnt meine Ansicht eine jedenfalls viel sichrere Stütze, als die Meinung Derer, welche die Krystallkegel als Zellenabscheidungen, somit „als ein neues Glied in der Reihe der Kutikularbildungen" hinzustellen sich bemühen.

Um jetzt weiter die von mir behauptete innige Verwandtschaft des Krystallkörpers mit den Nervenfasern, als dessen Enden sie zu gelten haben, würdigen zu können, ist auf die nähere Beschaffenheit dieser Nervenfasern oder Nervenfäden der Autoren einzugehen. Wobei ich wieder so frei bin auszusprechen, dass erst durch meine Untersuchungen die merkwürdigen morphologischen Verhältnisse dieser Theile, welche abgesehen von einigen Angaben Gottsche's früher so gut als ganz unbekannt waren, ans Licht gekommen sind.

Swammerdamm beschreibt die „Nervenfäden" der späteren Autoren im Allgemeinen richtig als „Fäser" welche von dem halbmondförmig gewölbten Grunde des Auges nach der Hornhaut zu sich erheben. „Diejenigen von ihnen, welche in der Mitte stehen, lauffen gerade in die Höhe; die ihnen zur Seite stehen, neigen sich schon etwas schieffer, die übrigen liegen schief und krumm." Doch über die Form, Gliederung und sonstige Beschaffenheit blieb er in völliger Unklarheit. „Ich muss bekennen," sagt er, „dass ich sehr gerne untersucht hätte, von was Natur und Art diese Fäser, ob sie muskulös oder sehnig, ob sie Bewegung in sich hätten oder nicht, und aus was für Bestandtheilen sie zusammengesetzt wären. Doch war mir das alles unmöglich zu thun. Meine Geräthschaften und Augen verliessen mich." Indessen macht er früher die Bemerkung, die „Fäser" seien „einer umgekehrten sechseckigen Pyramide, die oben dick und breit, unten dünn und spitzig ist" zu vergleichen.

Die folgenden Beobachter, selbst Joh. Müller, begnügen sich mit der Angabe, dass die „Fasern des Sehnerven" als helle Streifen, theilweise vom Pigment umkleidet, zur Spitze der Krystallkörper gehen.

Dann erwähnt zuerst Will einer Anschwellung des Nervenfadens bei Astacus fluviatilis und Cetonia aurata, ohne sie aber weiter zu beachten. Einige Jahre später [2]) kommt er zwar wieder darauf zurück, aber beidemal wird die Form dieser Anschwellung stark verkannt. Das erstemal erwähnt er nur, man

1) a. a. O. Fig. 34,c.

2) Archiv f. Anat. u. Phys. 1843.

könne in der Anschwellung des Nervenfadens eine hellere Röhre ziemlich deutlich unterscheiden. Später nimmt er die „Auftreibung des Nervenfadens" als einen Irrthum zurück und verfällt dabei in den weiteren Irrthum, dass er jetzt die regelmässig vortretenden Längskanten der Anschwellung als einen neuen und vermeintlichen Bewegungsapparat beschreibt.

Dass übrigens die wahre Gestalt fraglichen Theils nicht so ohne weiteres dem Beobachter sich enthülle, geht auch daraus hervor, dass Joh. Müller [1]), welcher unterdessen ebenfalls darauf aufmerksam geworden war, den „merkwürdigen Bau" dieser Anschwellungen beim Flusskrebs dahin auffasst: „sie scheinen ihm aus einem gewundenen Schlauche von durchsichtig blassröthlicher Färbung zu bestehen."

Näher rückte der Erkenntniss der wahren Form Gottsche, indem er von Krebsen die Anschwellung als „ganz wunderliche, vielseitige Doppelpyramide" oder auch als „prismatische, quer geriefelte Körper" beschrieben und abgebildet hat.

Ich zeigte, dass die Anschwellung im Einklang mit der Viertheilung des Krystallkörpers ebenfalls scharfvierkantig sei [2]); die vier Kanten springen als vier auf dem Querschnitt sich rechtwinklich kreuzende Längsrippen vor. Sie sind es gewesen welche Will für „Muskelcylinder" gehalten hat, welche um die Nervenfäden angebracht seien und eine scheinbare Auftreibung der Nervenfasern hervorrufen sollten [3]). Die Anschwellung kann ausserdem noch quergeriefelt oder quergerippt erscheinen, wobei die queren Einschnitte entweder über das Ganze weggehen, wie z. B. beim Flusskrebs, oder die Querstrichelung macht sich nur, wie z. B. bei Procrustes, zwischen den Längskanten bemerkbar. Nicht bei allen Insekten ist diese Anschwellung zugegen; aber auch, wo sie fehlt, wie z. B. bei den von mir untersuchten Hymenopteren [4]), hat doch die Nervenfaser die entsprechende, so charakteristische vierkantige Beschaffenheit.

---

1) In d. Anmerkg. zu dem eben citirten Aufsatze von Will.

2) Vergl. meine näheren Angaben a. a. O. über Herbstia S. 408, Astacus S. 409, Lambrus S. 411, Procrustes, Dynastes S. 417, 418, Mantis S. 423 etc. Weiteren Untersuchungen bleibt vorbehalten, ob die Vierzahl wirklich so durchgreifend sei, als es den Anschein hat. Beim Hummer (a. a. O. S. 411) schien es mir, als ob die gerippten Körper der Nervenstäbe „mehr als vier Kanten besässen."

3) Siehe meine Bemerkungen dagegen a. a. O. S. 413, 418, 419.

4) a. a. O. S. 424, auch bei Dipteren S. 426 etc.

Freilich wäre immer noch gegenüber dem anscheinenden Mangel der Anschwellung in Erwägung zu ziehen, dass denn doch in all diesen Fällen die Wurzel der „Nervenfaser," dort wo sie auf dem Boden der Sklerotika steht, merklich dünner ist, als da wo die vier Kanten anheben [1]), man somit genauer genommen dennoch auch hier von einem Dickerwerden oder einer Anschwellung der „Faser" reden kann.

Weitere beachtenswerthe Modifikationen der „Nervenfaser" zeigen sich darin, dass dieselbe entweder nach vorne einfach und unmittelbar zum „Krystallkegel" anschwillt, wie solches von mir z. B. an Schizodactyla monstrosa und Mantis religiosa [2]) beobachtet wurde, oder sich zuvor noch weiter gliedert.

Es verschmälert sich dabei die Nervenfaser nach vorne zu, ohne aber die vierkantige Beschaffenheit aufzugeben; ja die Kanten können abermals zu einer zweiten aber kleinern Anschwellung sich auftreiben oder vielleicht richtiger gesagt sie verlieren sich in vier regelmässig im Kreuz gestellte zellige Körper, so z. B. bei Herbstia und anderen Krebsen, Dynastes, Procrustes [3]), allwo ich sie zum Theil auch als „vierhöckerigen Knopf" bezeichnet habe. „Der „Krystallkörper" kann sich jetzt unmittelbar anschliessen, z. B. bei Dipteren [4]); er ist dann gewissermassen ohne Stiel, oder der Krystallkörper zieht sich mit einem dünnen Stiel bis zum vierhöckerigen Knopf (Beispiel: Procrustes, Dynastes).

Eine Frage von besonderer Wichtigkeit ist nun die, welchem Theile im Auge der Wirbelthiere die im Voranstehenden abgehandelten „Fasern" sammt Enden entsprechen. Ich habe in dieser Beziehung einen neuen Gesichtspunkt aufgestellt, den ich, obschon ganz entgegen den früheren Auffassungen, jetzt noch für richtig halte.

Alle meine Vorgänger hatten die Fasern, den gewöhnlichen Nervenfasern verglichen, daher immer mit diesem Namen oder auch mit „Nervenfäden" belegt. Und dass sie wirklich an nichts anderes dachten, geht z. B. sehr unzweifelhaft aus der Anmerkung, welche Joh. Müller der Abhandlung Will's [5])

---

1) Vergl. z. B. Fig. 30,a².

2) a. a. O. S. 422, Fig. 35; S. 423, Fig. 36.

3) a. a. O. Fig. 32,d; Fig. 33,c; Fig. 44,c.

4) a. a. O. Musca, Syrphus, S. 426, Fig. 39. Auch bei Acridium scheint es so zu sein, vergl. Fig. 37.

5) Arch. f. Anat. u. Phys. 1843, S. 350.

beifügt, hervor. Er vergleicht dort die „Nervenfäden" des Auges den gewöhnlichen „aus einer Röhre, einem markigen Inhalt (Fett) und in der Mitte aus einem centralen, ganz soliden Faden bestehenden" Nervenfasern.

Dieser Anschauung gegenüber sprach ich aus, „dass man die Analoga nicht in den gewöhnlichen Nervenprimitivfasern der Wirbelthiere suchen darf, sondern einzig und allein in den Bacillis und Conis der Retina höherer Thiere."

Bekannt mit den Stäbchen der Retina der Wirbelthiere musste mir die grosse Aehnlichkeit, welche in den allgemeinen Eigenschaften der Consistenz, Lichtbrechung und Farbe zwischen den „Nervenfasern" im Auge der Arthropoden und jenen der Stäbchenschichte im Auge der höheren Thiere herrscht, auffallen. Ich habe längst und wie ich glaube zuerst [1]) darauf hingewiesen, dass die Stäbchen der Amphibien z. B. von Rana, Pelobates, Salamandra, wenn sie in grösserer Anzahl beisammenliegen, einen rosenrothen Schimmer haben. Die frische Retina etwa des Frosches zeigt schon dem freien Auge einen lebhaften rothen Atlasschimmer. Ganz dieselbe eigenthümliche rosenrothe Färbung sah ich an der oben erwähnten Anschwellung der Nervenfaser im frischen Auge des Flusskrebses; nach Wasserzusatz verschwand sie allmählig. Bei Untersuchung der Insekten begegnete ich bei verschiedenen Arten ganz der gleichen schön rosenrothen Färbung, z. B. bei Procrustes coriaceus, Scarabaeus (Geotrupes) stercorarius, Pieris brassicae und auch hier vergieng die Farbe nach längerem Einwirken von Wasser oder Reagentien wie Kalilösung, Weingeist u. s. w. Gleichwie aber nicht bei allen Wirbelthieren die Stäbchenschicht die gedachte Erscheinung darbietet, so fehlt sie auch bei zahlreichen Arthropoden. Ich habe verschiedene Arten nahmhaft gemacht, bei welchen die Nervenfasern nicht rosenroth, sondern vollkommen farblos, wasserhell sind, so z. B. bei Silpha obscura, Acridium coerulescens, Notonecta glauca, Syrphus ribesii.

Eine merkwürdige Uebereinstimmung zeigt sich ferner im optischen Verhalten der beiden von mir zusammengestellten Körper und in ihrem Behaben gegen Reagentien. Die Substanz beider ist homogen, klar, bricht das Licht stark, ist weich und biegsam. Und wie die Stäbchen im Auge der Wirbel-

1) Arch. f. Anat. u. Phys. 1853, S. 8, dann in m. Histol. S. 238.

thiere mit Wasser oder Kalilauge zusammengebracht, sich krümmen und ein geschlängeltes Aussehen bekommen, so kehrt ganz dasselbe an den vier im frischen Zustande so geradlinigen, scharfen Längskanten der „Nervenfaser" wieder; sie quellen auf, krümmen sich, schlängeln sich u. s. w.

Ich hatte somit schon nach dem Bisherigen guten Grund, wenn ich die herkömmliche Bezeichnung „Nervenfasern" und „Nervenfäden" verliess und den Organen den Namen Nervenstäbe beilegte.

Mit diesen Erörterungen gelangen wir auf die oben behauptete innige Verwandtschaft des „Krystallkörpers" mit dem Nervenstab zurück.

Ich habe Insekten kennen gelehrt, bei welchen der Nervenstab und der Krystallkörper unmittelbar in einander übergehen, ein Ganzes vorstellen. Der Krystallkörper sondert sich weder in optischen noch chemischen Eigenschaften vom Nervenstab ab; die Kontouren beider gehen kontinuirlich in einander über: der Krystallkörper ist einfach das Ende des Nervenstabs. Diess ist der Fall z. B. bei Schizodactyla und Mantis [1]).

Häufiger ist die Modifikation, dass sich das Ende des Nervenstabes in eine helle homogene Masse umändert, die beim frischen Thiere [2]) zwar so weich-gallertartig und zerfliessend sein kann, dass an ihr kaum eine regelrechte Gestaltung wahrzunehmen ist, die aber nach künstlicher Härtung die Form eines regelmässig viersegmentirten Krystallkörpers annimmt. Diese oft äusserst weiche, vergängliche Natur der Substanz der Krystallkörper, sowie ihre mitunter geringe Grösse ist auch Schuld gewesen, dass Treviranus und Joh. Müller die Krystallkörper bei manchen Insekten in Abrede stellten und dafür ganz überhaupt eine durchsichtige Schicht annahmen. Doch machte hierzu schon R. Wagner [3]) die Bemerkung, es möchte diese Schicht „durch wirkliche, nur sehr kurze Krystallkegelchen gebildet sein". Nach meiner Erfahrung sind die Krystallkörper sehr weich bei Hymenopteren, Dipteren, auch manchen Orthopteren [4]), aber trotzdem immer bestimmt nachweisbar.

Endlich eine dritte Modifikation ergibt sich dadurch, dass die zum Krystall-

---

1) Siehe a. a. O. S. 422, 423.

2) Vergl. z. B. meine Wahrnehmungen über diese Theile beim Flusskrebs a. a. O. S. 409, 415.

3) Lehrb. d. vergl. Anat. 1834, S. 432.

4) Siehe näheres a. a. O. Den dort angeführten Hymenopteren kann ich jetzt auch die Ameise anreihen, bei welcher ebenfalls die Krystallkörper nicht nur klein, kurz-birnförmig, sondern auch sehr weich sind.

körper anschwellende Substanz des Nervenstabes sich entweder in Partieen von ungleicher Konsistenz sondert, oder durch und durch einen grösseren Härtegrad und damit stärkeres Lichtbrechungsvermögen annimmt als der eigentliche Nervenstab. Zerfällt der Krystallkörper in Kern und gestielte Schale, so haben R. Wagner und Will die Schale der Retina, den Kern als Linse gedeutet. Eine andere Differenzirung wie sie insbesondere bei Krebsen [1]) vorkommt ist die, dass das Ende des Nervenstabes sich in den eigentlichen Krystallkörper und in eine homogene, gallertartige Ausfüllungsmasse scheidet.

Ich habe seit der Zeit die Krystallkörper und den Nervenstab wiederholt einer Prüfung unterworfen, muss aber aus den Einzelbeobachtungen noch immer denselben Schluss ziehen wie vor zehn Jahren. Zu besonderer Berücksichtigung und Belehrung empfehle ich die Tagfalter. Schon dazumal hatte ich von Vanessa urticae und Pieris brassicae bemerklich gemacht, dass der Nervenstab bis unter die Fazette der Hornhaut reiche, hier eine kelchförmige Ausbreitung oder eine Schale bilde, in welcher der kleine Krystallkörper ruhe. Es liegt z. B. jetzt wieder ein Präparat aus dem Auge von Vanessa Atalanta vor mir, wobei es mir interessant wäre zu hören, wie man das Objekt noch anders als ich gethan, auszulegen im Stande wäre. Der eigentliche Krystallkörper ist hier so klein und unbedeutend, dass man begreift, wie Treviranus bei einem andern Tagfalter das Gebilde geradezu vermissen konnte. Aber es ist lehrreich zu sehen, wie der winzige Krystallkörper sich als Kern zu einer dicken, über ihn hinaus bis zur Hornhaut sich erstreckenden Schale verhält und diese hinwiederum als die einfach kolbige Endverbreiterung des Nervenstabs sich darstellt.

Dann habe ich auch auf gedachten Punkt das Auge grosser Abendfalter, insbesondere von Sphinx convolvuli und zwar vom lebenden Thier untersucht. Hier sind die Krystallkegel, wie bekannt, sehr umfänglich, unterscheiden sich aber von ihrer Schale nur durch etwas grössere Konsistenz und dadurch vermehrte Lichtbrechung; ihre Substanz stimmt aber sonst durchaus mit derjenigen der Schale überein. Vergleicht man nun weiter den Nervenstab an seiner Anschwellung und die Schale des Krystallkörpers bezüglich ihrer Lichtbrechung und ihres Verhaltens gegen Reagentien miteinander, so wird man auch hier wieder darauf zurückkommen, dass man es mit einer und derselben Substanz

1) Vergl. m. Abhandlung a. a. O. S. 409, 415.

zu thun habe, von welcher der Krystallkegel nur eine innere, durch grössere Härte kernartig abgegrenzte Partie ist [1]). Und was wohl zu beachten, die vier Längskanten des Krystallkörpers gehören hier eigentlich der äusseren Schicht des Körpers oder der Schale an; ferner es verliert sich die Spitze des gegenüber von der Schale kernartigen Krystallkegels unmerklich in die Schale. Nach Essigsäurezusatz quillt der frische Kegel stark auf, kurz man wird eben von allen Seiten zu dem Schluss hingedrängt: Der Krystallkegel ist nur eine modifizirte innere, terminale Partie des „Nervenfadens".

Als oben von der Choroidea die Rede war, wurde auch des Bindegewebes als eines Bestandtheils erwähnt. Dasselbe erzeugt unter Anderem um die Nervenstäbe herum, bis zur Hornhaut, zarte Scheiden, welche ich Umhüllungsschläuche genannt und mich über deren Verhalten bereits früher in Näherem ausgesprochen habe [2]). Ich komme hier auf diese Gebilde wegen der Kerne zurück, die sich daran finden. Seiner Zeit habe ich bei Astacus fluviatilis [3]), Gryllotalpa vulgaris [4]) und Pieris brassicae [5]) die Gegenwart von vier Kernen bekannt gemacht, welche am vorderen Ende des Umhüllungsschlauches liegen und regelmässig im Kreuz gestellt sind. Fragliche Nuclei hatte ich nicht blos „einigemal" wie Claparède meint, sondern bei zahlreichen Inseckten wahrgenommen, aber blos specieller von den vorhingenannten Arten angezeigt, dabei indessen doch (S. 425) durch ein beigesetztes „a. a." (aus andern) kurz erklärt, dass ich sie auch noch ausserdem angetroffen habe. Da ich denselben aber keine höhere Bedeutung beilegte als den Kernen, welche ich auch sonst innerhalb des Umhüllungsschlauches unterschied [6]), so hielt ich die Namhaftmachung einiger Arten für völlig hinreichend. Ich bekenne mich nicht blos auch jetzt noch zu dieser meiner früheren Auffassung, sondern glaube die Richtigkeit derselben noch weiter erhärten zu können.

Den Umhüllungsschlauch des Nervenstabes verglich ich dem Sarkolemma

---

1) Hier sei auch gelegentlich erwähnt, dass man an dem dünngewordenen Theil des Nervenstabs jenseits der Anschwellung, selbstverständlich bei genauem Zusehen und guter Vergrösserung (Syst. 8. Hartnack), die vierkantige Beschaffenheit immer noch wahrnehmen kann: am Krystallkörper erhält sie dann allerdings wieder einen schärferen Ausdruck.

2) a. a. O. z. B. S. 412, 430.

3) a. a. O. S. 416, Fig. 31.

4) a. a. O. S. 423.

5) a. a. O. S. 425.

6) a. a. O. Fig. 30 u. 31.

und dem Neurilemma. Nun sind nicht blos am Sarkolemma seit Langem an der Innenfläche Kerne bekannt, die ich jüngst [1]) als Theile einer Matrix des Sarkolemma in Anspruch nehmen zu können glaube, sondern ich habe auch am Neurilemm der Arthropoden eine gleiche Matrix mit Kernen entdeckt [2]), ganz vergleichbar derjenigen Schicht, welche die Cüticula der äusseren Haut erzeugt. Dadurch gewinnen wir zunächst für die von mir innerhalb des Umhüllungsschlauches unterschiedenen Kerne eine Erklärung: dieselben mögen in ähnlicher Weise wie jene des Sarko- und Neurilemma als Reste der die homogene Haut des Umhüllungsschlauches erzeugenden Matrix anzusehen sein.

Welcher Grund soll uns aber abhalten, die vier Kerne am oberen Ende des Umhüllungsschlauches für etwas anderes zu halten. Sie liegen beim Flusskrebs deutlich an der inneren Fläche der Haut des Schlauches, so dass sie selbst, wie ich früher mittheilte, bei gewisser Lage den Inhalt des Schlauches einzuschnüren scheinen. Dass sie regelmässig im Kreuz gestellt sind, ist einfache Folge der oben erörterten Viertheilung, welche alle Glieder des Nervenstabes beherrscht. Der Gipfel je eines Schlauchs legt sich unmittelbar an die Innenfläche je einer Hornhautfazette, und könnte für die innerste Schicht der Fazette erklärt werden; die vier Kerne an der Innenfläche sind demnach so gut als die übrigen in den hinteren Theilen des Umhüllungsschlauches gelagerten als Nuclei einer Matrix zu betrachten, welche die Hornhautfazette und deren Fortsetzung ins Innere des Auges d. h. den Umhüllungsschlauch entstehen liess.

Zu fernerem Verständniss weise ich auch noch auf das terminale Verhalten der Nerven hin, welche bei Insekten jene spezifischen Körper enthalten, welche ich N e r v e n s t i f t e nenne. Ich bitte die von mir gegebene Abbildung [3]) der „gangliösen Entfaltung des Subcostalnerven von Dytiscus marginalis“ anzusehen. Auch dort finden sich als Ausläufer des Neurilemms nicht blos homogene Scheiden, welche die Nervenfasern, die Ganglienkugeln und die Nervenstifte enthalten, sondern an der Innenfläche der Scheiden liegen Kerne, denen ich die obigen Nuclei des Umhüllungsschlauches im Auge vollkommen gleichstelle.

---

1) Vom Bau d. thierisch. Körpers, S. 71.
2) Siehe meine Tafeln z. vergleichenden Anatomie, z. B. Taf. IX, Fig. 1. Ag, Bn.
3) Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insekten, Arch. f. Anat. u. Phys. 1860, Taf. IX, Fig. 18.

5. Sehganglion.

Bezüglich der Struktur dieses Theils hatte ich früher so viel anzugeben [1]), dass die fibrilläre Substanz in geflechtartigen Zügen auseinanderweiche, wobei sich in die Zwischenräume einfache Punktmasse, zahlreiche Kerne und zellige Elemente lagern. Dann erkannte ich damals, dass die zelligen und fasrigen sich durchflechtenden Elemente mehre Schichten unterscheiden lassen, wovon ich, sowie von der strahligen Entfaltung der fibrillären Substanz später eine schematische Figur veröffentlichte [2]).

Bei Wiederaufnahme der Untersuchung vervollständigte sich mir das Bild dahin, dass sich die Substanz des Sehlappens im Inneren in sehr bestimmte Massen abgesetzt darstellte, worauf hier nicht weiter eingegangen werden soll, verweise vielmehr auf meine an einem andern Orte [3]) niedergelegten nähern Angaben. Längst zuvor hatte ich auch von Artemia und Branchipus beschrieben und abgebildet [4]), wie sich das Sehganglion in mehre Portionen trennt, eine Organisation, die wohl ebenfalls hieher gehört.

Hier an dieser Stelle möchte ich aber auf einen Umstand aufmerksam machen, der mir durchweg aufgefallen und auch von besonderer Bedeutung zu sein scheint. Während nämlich jenseits der Haut, welche oben als „Boden der Sklerakapsel" bezeichnet wurde, mithin im eigentlichen Inneren des Auges, die bestimmteste Isolirung der nervösen Elemente statt hat, so dass niemals zwei Nervenstäbe etwa zusammenneigen und verschmelzen, zeigt sich das gerade Gegentheil hievon jenseits des Bodens der Sklerotika. Nicht nur dass bei manchen Insekten schon die sogenannten Bündel des Optikus deutliche Verflechtungen eingehen [5]), sondern auch durch das ganze Sehganglion (Sehlappen) hindurch ist bei aller radiären Ausstrahlung der Fasern eine fortlaufende Plexusbildung unverkennbar [6]).

---

1) Zum feineren Bau d. Arthropod. S. 409, 423.

2) Histol. S. 252. Fig. 134.

3) Vom Bau d. thierisch. Körpers, S. 231 ff., ferner in meinen Tafeln zur vergleichend. Anat. z. B. Taf. VIII, Fig. 3 (Gehirn der Biene), Fig. 4 (Gehirn der Ameise); Taf. IX, Fig. 1 (Gehirn eines Wasserkäfers); Taf. X, Fig. 1 u. 2 (Gehirn und Augen von Abendfaltern).

4) Ztschrft. f. wiss. Zool. 1851, S. 296, Taf. VIII, Fig. 9.

5) Man sehe meine Tafeln z. vergl. Anat. z. B. Taf. VIII, Fig. 4 (Gehirn der Ameise). Auch an Daphnia sima war mir schon früher eine solche Verästelung und Verflechtung der Augennerven aufgefallen. Naturgesch. d. Daphniden. S. 158, Fig. 27,b.

6) Sieh. a. a. O. z. B. Taf. IX, Fig. 1, A^1 (Gehirn von Dyticus).

Vergleicht man z. B. an Dyticus marginalis die Dicke, welche der Sehlappen an seiner Wurzel hat mit dem Durchmesser, den der Gipfel desselben Lappens darbietet, so muss man schliessen, dass die ursprünglich vom Gehirn kommenden Nervenfasern sich durch fortgesetzte Theilung vielfach vermehrt haben, woraus sich aber für die Physiologie des Organs der wohl zu beachtende Satz ergibt, dass dem centralen Endpunkt einer Faser im Gehirn eine ganze Gruppe von Nervenstäben im Auge entspricht (S. 48).

Noch möchte ich im Hinblick auf die Struktur des Ganglion opticum gewisser Pigmentflecken desselben gedenken. Das Augenschwarz erscheint nicht immer erst innerhalb der Augenkapsel (Sklerotika), sondern sehr häufig sind schon die vom Sehlappen kommenden Bündel von Nervenfasern mehr oder weniger stark pigmentirt. Hiebei zeigt sich dann, dass da, wo die Nerven zum Eintritt in die Augenkapsel sich anschicken, das Pigment gehäuft ist, wodurch schon hinter dem Boden der Sklera eine starke dunkle Pigmentzone hervortreten kann. So z. B. bei Acherontia Atropos. Die Pigmente liegen, wie ich mich überzeugt zu haben glaube, in der von mir nachgewiesenen Matrix des Neurilemms. Gewöhnlich ist das Pigment von der dunkelkörnigen Art; bei Carabus auratus habe ich gesehen, dass die Bündel der Nervenfasern, bevor die dunkelviolette Färbung beginnt, mit gelbem Pigment angeflogen sind.

Bemerkenswerth ist noch, dass am Ganglion opticum mancher Insekten, mögen auch die aus ihm hervorgegangenen Faserbündel wenig oder gar nicht pigmentirt sein, doch Pigmentanhäufungen auftreten können, die nicht immer das Aussehen ganz gewöhnlicher Pigmentflecken darbieten. Bei Formica rufa z. B. sind die Bündel der Nervenfasern unpigmentirt, aber vor dem Abgang der Bündel ist das Ganglion durch mehrere Pigmentanhäufungen ausgezeichnet [1]; bei Timarcha tenebricosa liegen solche Flecken nicht blos an der dem Sehlappen entsprechenden Portion des Gehirns, sondern auch an der Wurzel der Nervenfaserbündel [2]. Bei Meloë (M. violaceum und M. rugosum) sind die Bündel der Nerven an der Wurzel frei vom Pigment und erst nach der Sklera hin färben sie sich, aber am Ganglion opticum selber macht sich ebenfalls ein Saum schwarzer Pigmentklumpen bemerkbar; ähnlich verhielt sich eine Spezies von Telephorus, nur hatten sich hier die Pigmentzellen am Ganglion zu einem einzigen

1) Meine Taf. zur vergl. Anat. Taf. VIII, Fig. 4.

2) a. a. O. Taf. VI, Fig. 5.

Haufen zusammengezogen. Bei Sphinx convolvuli [1]) finde ich ferner symmetrisch an der hinteren Fläche der beiden Gehirnhälften, jederseits einen grösseren, lappigen Pigmentfleck von der gleichen Art wie das Augenpigment ist.

Ich habe bereits vorhin ausgesagt, dass diese Bildungen nicht durchweg das Ansehen ganz gewöhnlicher Pigmentflecken haben. An Timarcha tenebricosa z. B., wo die Flecken wie auch an anderen Arten in Zahl und Grösse individuelle Abweichungen an sich tragen, schien es mir bei Besichtigung mit guter Vergrösserung (Syst. 8. Hartnack) als ob in ihnen ausser den Pigmentkörnern noch etwas anderes zugegen sei, etwa ein Analogon einer lichtbrechenden Substanz.

Mit dieser letzteren Bemerkung habe ich angedeutet, wohin ich die Bildungen wenigstens theilweise einzureihen geneigt wäre. Es will mir scheinen, als ob es sich um Pigmentreste der Larvenaugen handle. Zur Stütze für eine solche Auffassung lässt sich aber noch ein anderer Grund herbeiziehen, insofern ich nämlich bei verschiedenen ausgebildeten Käfern in nächster Nähe der Hauptaugen Organe entdeckt habe, welche als rudimentär gewordene Larvenaugen zu bezeichnen man kaum Anstand nehmen wird.

Schon in meiner früheren Arbeit [2]) hatte ich an Procrustes coriaceus der Beobachtung erwähnt, dass in auffallender Weise mit jedem fazettirten Auge noch drei eigenthümliche pigmentirte Körper zugegen sich zeigen. Ich beschrieb sie als gestielte Blasen von 0,72—0,1‴ im Durchmesser, welche innen ein dunkles Pigment und unter der hellen Wand blasse epithelartige Zellen haben. Da mir der Stiel nervös zu sein schien, so stellte ich schon damals frageweise die Diagnose auf „verkümmerte Nebenaugen“.

Ganz die gleichen Organe fand ich bei neueren Untersuchungen an Dyticus marginalis, wo ich sie dann näher studirte, auch davon Abbildungen gab, welche sowohl die Lage als auch den Bau veranschaulichen. [3])

Ich erblicke bei genanntem Wasserkäfer nach Eröffnung der Augen- oder Sklerotikalkapsel vier solcher Organe an jedem Netzauge, und zwar gehören sie der Dorsalseite an. Es sind wie bei Procrustes rundliche, ziemlich lang gestielte Körper. Der Stiel ist, wovon ich mich jetzt bestimmt überzeugt habe,

---

1) a. a. O. Taf. X, Fig. 1,e¹.

2) Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 418, Anmerkg.

3) Meine Taf. zur vergl. Anat. Taf. VI, Fig. 6; Taf. VII, Fig. 2,c.

ein Nervenbündel von ganz derselben Beschaffenheit wie die übrigen Stränge, welche zum Hauptauge gehen und auch aus gleicher Wurzel, aus der Gipfelwölbung des Sehlappens entspringend. Etwas schwieriger ist die Erforschung der dunkel pigmentirten Blase selber. Man sieht zwar leicht, dass eine homogene Haut, die Fortsetzung des Neurilemms, vom Stiel her die äussere Umgrenzung bildet und bei einiger Aufmerksamkeit werden auch unter der homogenen Grenzhaut die Kerne einer zarten Matrix sichtbar, die als mütterlicher Boden der ersteren anzusehen ist. Aber mehr Mühe macht es sich davon zu überzeugen, dass die dunkle Pigmentmasse nicht die einzige das Innere der Blase erfüllende Substanz sei, sondern noch in ihr gewisse, helle, blasse, das Licht wenig brechende Körper stecken, welche als die Homologa der Krystallkörper zu betrachten sind [1]). Ich habe die letzteren von den behutsam isolirten Organen bei durchgehendem Licht und ohne Anwendung eines Deckglases wahrgenommen. Während man bei gedachter Beleuchtung die hellen Körper nur am Rande der Pigmentkugel erblicken kann, so erweitert Beleuchtung von oben die Aussicht dahin, dass jetzt die Oberfläche der Pigmentkugel nicht gleichmässig dunkel erscheint, sondern eine gewisse rundlich polygonale Zeichnung mit schwach glänzenden Punkten hervortritt. Wer nun etwa das Auge von Daphnien unter gleicher Beleuchtung vor sich gehabt hat, wird mit sich im Reinen darüber sein, dass diese Erscheinung nur von der Anwesenheit schwach entwickelter Krystallkörper herzuleiten sei.

Die Aehnlichkeit des Ganzen mit einem einfachen Auge wird auch durch die Art wie das Pigment sich nach hinten verhält, gesteigert, sowie endlich durch eine annähernd gangliöse Entfaltung des Nerven gerade unterhalb des Pigmentauges, über welche beiden Punkte man die von mir gegebene und vorhin citirte Figur vergleichen möge.

Hat man die Bekanntschaft der eben abgehandelten Organe bei Procrustes und Dyticus gemacht, so wird man auch andere von mir an Timarcha tenebricosa gefundene [2]) Körper nicht für etwas ganz Fremdes halten. Wir treffen hier ebenfalls an der Wurzel der Augennerven auf gestielte Körper, die aber merklich kleiner als bei den vorhingenannten Käfern sind. Sie tragen den Charakter rudimentärer Organe dadurch noch mehr an sich, als ihr Pigmentgehalt

---

1) a. a. O. Taf. VI, Fig. 6,c.

2) Abgebildet in meinen Tafeln zur vergleichd. Anat. Taf. VI, Fig. 5,f.

nach den Individuen verschieden stark ist. Bei dem einen Thier ist das Innere fast ganz mit Pigment erfüllt, bei anderen erscheint es auf einzelne buchtige Flecken verringert. Auch sah ich bei den von mir untersuchten Thieren immer nur ein einziges gestieltes Organ, doch waren vielleicht daneben auch noch Spuren ähnlicher Bildungen zugegen. Ich deute wenigstens jene spindelförmige und wieder durch einen Fortsatz sich anschliessende Anschwellung so, welche man auf meiner vorhin angezogenen Abbildung ausserdem an den Bündeln der Sehnerven erblickt [1]).

Noch habe ich am Hauptauge der Ameise [2]) an gleicher Stelle, wo sich bei Dyticus die hier behandelten Organe finden, vier grosse runde gestielte Zellen beobachtet; sie scheinen rings um das Auge herumzugehen und sind immer pigmentlos. Ich wage vorderhand nicht, sie ihrer Natur nach näher zu bestimmen und gedenke ihrer nur vorläufig an diesem Orte.

B. Einfache Augen. (Nebenaugen, Punktaugen, Stirnaugen.)

Den Bau dieser Organe bei Arachniden habe ich früher schon umständlich an den verschiedensten Arten erörtert [3]). Aus der Klasse der Insekten hatte ich nur die einfachen Augen der Horniss (Vespa crabro) studirt, woran ich später [4]) noch Mittheilungen über das Auge der Hühnerlaus (Menopon)

1) Bekanntlich ist es die Gruppe der Käfer, denen die bei andern Insektenordnungen so sehr verbreiteten Nebenaugen oder Ocellen fast völlig abgehen. Nur bei einigen der kleinsten Staphylinen (Omalium, Anthophagus) haben die Entomologen bisher kleine, glänzende Punkte zwischen den Hauptaugen als Ocellen erkannt (vergl. Klug, Abhandlg. d. Berliner Akad. aus d. Jahr 1831). Es wäre wohl der Mühe werth, die von mir bei obigen Lauf- und Wasserkäfern aufgefundenen Organe und die Ocellen von Omalium etc. vergleichend zu untersuchen. Nach dem was bis jetzt von den beiderlei Organen vorliegt, scheint es, dass die Ocellen sich wie die wirklich einfachen, in Thätigkeit sich befindenden Augen verhalten, die obigen „Larvenaugen" aber zu den rudimentären Bildungen gehören.

2) Tafeln zur vergleichenden Anatomie. Taf. VIII, Fig. 4, bei J.

3) In d. oft citirten Abhandlg., Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 432—443. Ueber das Auge von Phalangium siehe ausserdem m. Tafeln zur vergl. Anat. Taf. VII, Fig. 2.

4) Histologie, S. 261, Fig. 127.

anreihte; unterdessen habe ich meine Untersuchungen auch auf andere Insekten ausgedehnt, wovon jetzt Einiges vorzulegen sein dürfte.

Die Nebenaugen der Honigbiene (Apis mellifica) stimmen, wie sich erwarten lässt, im Wesentlichen mit denjenigen der Horniss überein. Was die Hornhaut und Linse betrifft, so kann man sich über beide leicht unterrichten. Die Linse ist eine Verdickung der Hornhaut; nach aussen mehr rein halbkugelig gewölbt, hat die innere Wölbung eher die Form einer Warze [1]. Ueber die eigentliche Form des ganzen Auges geben die unten citirten Figuren [2] Aufschluss. Während ich aber in meiner früheren Darstellung des Auges der Horniss [3] eine die Weichtheile umschliessende Hülle nicht zeichnete, habe ich hier bei der Biene mit Sicherheit gesehen, dass vom Neurilemm des Sehnerven aus eine Fortsetzung als dünne Sklerotika das Auge umhüllt. Unter dieser Abgrenzungshaut lässt sich zum Theil eine deutliche Kernlage erkennen [4].

Weiterhin halte ich für sehr bemerkenswerth, dass wenn wir die übrigen Augentheile von unten nach oben verfolgen, am Ende des Sehnerven eine gangliöse Verdickung gewahren, welche eine ähnliche Differenzirung ihrer Substanz zeigt, wie das Sehganglion (Sehlappen) des Hauptauges. Man unterscheidet nämlich einen aus Punktsubstanz bestehenden Kern und zweitens eine kleinzellige Rinde [5]. Endlich kommt noch eine fernere Uebereinstimmung mit der Struktur des Hauptauges darin zum Vorschein, dass die vom Sehnerven ins Ganglion eingetretenen Nervenfasern bei ihrer strahligen Entfaltung sich geflechtartig verbinden [6].

Das Choroidealpigment schliesst unmittelbar an das Ganglion an und schon bei geringer Vergrösserung [7] macht sich die streifige Anordnung desselben bemerklich, sowie dann starke Vergrösserung belehrt, dass, ähnlich wie am Hauptauge, durch die Umhüllung der einzelnen nervösen Endgebilde diese An-

---

1) Siehe m. Tafeln z. vergleichend. Anat. Taf. IX, Fig. 3,b.

2) a. a. O. Taf. VIII, Fig. 3,f; Taf. IX, Fig. 3.

3) Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, Taf. XVI, Fig. 28.

4) M. Tafeln z. vergl. Anat. Taf. IX, Fig. 4,e. (Auch bei der Horniss habe ich später bestimmt diesen bindegewebigen Saum und dessen zahlreiche runde Kerne, namentlich am Vorderrand des Auges wahrgenommen.)

5) a. a. O. Fig. 3,f; Fig. 4,a, b.

6) a. a. O. Fig. 4,c.

7) a. a. O. Taf. VIII, Fig. 3,f.

ordnung bedingt wird [1]. Ehe wir zur Betrachtung dieser letzteren uns wenden, sei auch noch bezüglich des Pigments ausdrücklich hervorgehoben, dass ausser der eigentlichen Choroidea noch am Vorderrand ein besonderer Pigmentsaum zugegen ist, der einen selbständigen, auf meinen Abbildungen deutlich hervortretenden Irisgürtel vorstellt.

Am schwierigsten sind die Elemente zu untersuchen, welche ich vorhin die nervösen Endgebilde genannt habe.

Schon bei geringer Vergrösserung und auffallendem Licht, sieht man bei Einstellung des Fokus in die Tiefe des Auges, dass innerhalb des Pigmentbechers der Choroidea eine graue Auskleidung vorhanden ist und weitere Prüfung bei durchgehendem Licht und stärkerer Vergrösserung ergibt, dass diese graue Auskleidung durch Theile bedingt wird, welche Joh. Müller den „Glaskörper“ nannte. Ich habe nun schon an der Horniss dargethan, dass dieser sogenannte Glaskörper aus gestielten Gallertkörpern bestehe, wobei die Stiele in das Pigment eingesenkt seien. Diese Stiele oder Streifen einer weichen hellen Substanz entsprächen den Nervenstäben des fazettirten Auges. Ganz die gleichen Verhältnisse habe ich auch bei der Honigbiene gefunden, und jetzt insbesondere durch eine Abbildung [2] veranschaulicht, wie sie sich bei behutsamem gelinden Druck dem Beobachter darstellen. Hiebei mache ich namentlich auf die charakteristischen verdickten Randlinien der das Licht stark brechenden Gallertkolben aufmerksam. Lässt man sich aber die Mühe nicht verdriessen, die Augen immer wieder und unter wechselnder Behandlung zu untersuchen, so wird man inne, dass die gestielten Kolben von vorhin doch schon etwas veränderte Theile sind und in ganz unbehelligtem Zustande eine andere, schärfer gehaltene Form haben. Zur Bestätigung des Gesagten nehme man die von mir gegebene bildliche Darstellung des Nebenauges der Biene [3] zur Hand; hier sind die fünf „Kolben“ links in ihrer unveränderten Gestalt zu sehen, während die rechterseits gelegenen acht Kolben den Zustand beginnender Umänderung versinnlichen. Fragliche Gebilde nämlich haben nicht blos in der Lichtbrechung, sondern auch in den feineren Formverhältnissen grosse Aehnlichkeit mit den Nervenstäben des fazettirten Auges. Sie haben ebenfalls scharf vortretende Längskanten und da-

1) a. a. O. Taf. IX, Fig. 4,d.
2) a. a. O. Taf. IX, Fig. 4.
3) a. a. O. Taf. IX, Fig. 3.

zwischen eine feine Querriefelung. Um beides zu erblicken, nehme ich die Augen aus einem Thier, das in Weingeist getödtet wurde und nur ganz kurze Zeit darin liegen blieb. Die Nervenstäbe sind dadurch etwas fester geworden und erscheinen nicht mehr als kolbig aufgetriebene Theile, sondern als stumpf endigende Stäbe. Nach Zusatz von Essigsäure oder Kalilauge, wobci die vorspringenden Kanten sich leicht schlängeln, quellcn dic Stäbe zu den obigen Kolben auf, wobei ich beobachtet zu haben glaube, dass der vorhin erwähnte verdickte Saum des Gallertkolbens als Rest der am unverschrten Stab stark vorspringenden Kanten zu deuten ist. Selbstverständlich gehört noch, um alles dieses wahrzunehmen, einc gute Vergrösserung dazu (etwa Syst. 8. Hartnack), sowie ganz insbesondere Vertrautheit mit dem Gegenstande und genaue Kenntniss des Nervenstabs im fazettirten Auge.

Bezüglich der Augennerven sei auch erwähnt, dass dcr Nerv des mittlcren Stirnauges zweiwurzelig ist, und je eine Wurzel aus einer Gehirnhälfte kommt. Näher angegeben entspringen die Nerven für die Nebenaugen, wie durch methodischen Druck ermittelt wird, aus der dunkeln Rindcnsubstanz jener eigenthümlichen Hirnportion, welche man „gestielte Körper“ genannt hat.

Ueber die drei Nebenaugen der Ameise möge man meine Abbildung des „Gehirns und der Augen“ von Formica rufa [1]) zu Rathe ziehen. Auch dort sind die Augennerven ziemlich lang gestielt; zum mittleren geht abermals aus beiden Hirnhälften je ein Nerv, die sich beide vereinigen. Man unterscheidet ferner die Anschwellung oder das Ganglion des Nerven, das streifig angeordnete Choroidealpigment, sowie den Irisgürtel.

Manche Eigenthümlichkeiten scheinen die Nebenaugen der Orthopteren zu besitzen. Ich habe bis jetzt hierauf nur einige Heuschrecken und Grillen angesehen. Da fällt denn z. B. an den zwei über der Wurzel der Antennen liegenden Nebenaugen der Feldgrille (Acheta campestris) auf, dass sie von aussen betrachtet nicht schwarz, sondern weiss erscheinen. Am isolirten Auge zeigt sich, dass eine beim auffallenden Licht weisse, bei durchgehendem Licht ganz dunkle Substanz dieses Aussehen bedingt. Die weisse Masse hat noch, wenn wir schärfer hinblicken, einen ganz leisen rosafarbigen Anflug; sie wird von Essigsäure nicht angegriffen und erinnert stark an die weisse Substanz in

1) a. a. O. Taf. VIII, Fig. 4,H.

den Antennen der Schmetterlinge, in den Schwingkolben der Dipteren, sowie an die weissen Pigmente, wie sie da und dort im zusammengesetzten Auge sich finden. Hier am Nebenauge bildet die weisse Pigmentmasse eine becherartige Vertiefung, nach aussen umfasst von einer zellig-faserigen Schale, welche die Fortsetzung des Nerven ist.

Dass auch nach innen vom Pigmente die Aequivalente der Nervenstäbe nicht fehlen, davon habe ich mich bestimmt überzeugt. An Augen aus dem lebenden Thier genommen und mit Speichel befeuchtet, sehe ich aus dem Inneren eine anscheinend zellige Masse vorquellen, die auf nichts anderes, als die oben abgehandelten „Gallertkolben“ bezogen werden kann. Es sind halbkugelig vorstehende helle, klare Körper, welche die so charakteristische einseitig verdickte Randzone haben.

Im Stiel oder Nerven des Auges bemerke ich noch Streifen von rothbraunem Pigment, dessen Elemente nach Form und Farbe Hämatinkrystalle sind.

Bei einer Feldheuschrecke (Acridium coerulescens), wo eines der Nebenaugen vorne zwischen der Wurzel der Fühler, die zwei andern unmittelbar am vorderen Rande der Netzaugen stehen, sind dieselben bei Betrachtung mit der Lupe ebenfalls von hellem, fast farblosem Ansehen. Ausgeschält zeigen sie wie vorher das bei auffallendem Licht weisse Pigment, welches von dem dunkeln Farbstoff der Haut sich scharf abhebt.

Ueber die Nebenaugen der Maulwurfsgrille (Gryllotalpa vulgaris) habe ich anzuführen, dass zwar hinter der Linse von der Matrix der Cuticula her ein irisartiger Gürtel des gewöhnlichen dunkelvioletten Augenpigments vorhanden ist, dass aber das eigentliche Pigment des Auges aus citronengelben Fettkugeln besteht. Ausserdem unterschied ich auch hier noch rothe Blutkrystalle von ziemlicher Grösse. Aus dem Pigmente standen wieder die Homologa der „Gallertkolben“ als wasserklare, halbkugelige Gebilde hervor. Am Nerven des Auges machte sich unter der hellen, homogenen Neurilemmhülle deutlich eine aus Kernen und Körnermasse bestehende Schicht bemerklich, sowie im Inneren des Nerven breite, klare Fasern. — Von Interesse war mir auch noch, dass die Innenfläche der Linse eine gewisse zellige Zeichnung oder Skulptur erkennen liess.

Die in Voranstehendem abgehandelten einfachen Augen gehörten immer fertigen Insekten (Imagines) an. Das einfache Auge der Larven von Insekten mit vollkommener Verwandlung hat, wenigstens in manchen der von mir

geprüften Fälle, gewisse Besonderheiten, so dass man füglich das Larvenauge von den übrigen einfachen Augen abzweigen könnte.

Von Käferlarven habe ich diejenige von Dyticus untersucht, welcher auch schon vor langer Zeit Joh. Müller seine Aufmerksamkeit zugewendet und Abbildungen gegeben hat [1]). Das Verhalten der Linse zum übrigen Auge ist wesentlich wie vorher, indem eben auch hier die Cuticula sich nach innen zu einem kugeligen Vorsprung verdickt. Das becherförmige dunkle Choroidealpigment unterscheidet man ebenfalls leicht, hingegen ist wohl beachtenswerth, dass nach aussen von ihm eine klare, zellige Zone herumzieht, welche unmittelbar aus dem Sehnerven hervorgeht [2]). Eine ähnliche nervöse Schale um das Pigment als Fortsetzung des Sehnerven habe ich auch von der Feldgrille erwähnt. Mir scheint man habe darin das Analogon der gangliösen Basis anzunehmen, aus welcher etwa bei der Ameise, bei der Biene das Choroidealpigment des einfachen Auges sich erhebt [3]). Ob aber bei Dyticus zwischen Linse und Pigment „noch eine dritte Materie oder ein Glaskörper“, nach meiner Auffassung: nervöse Gallertkolben sich finden, muss ich unentschieden lassen.

Unter den Larven der Insekten sind es ferner besonders die Raupen der Lepidopteren, deren Sehorgane unsere Beachtung verdienen.

Der Entdecker der Augen der Raupen ist wohl Malpighi, der sie in seiner hochberühmten Dissertatio epistolica de Bombyce, 1686, zuerst erwähnt, aber zu zweifeln scheint, ob die Theile auch wirklich Augen seien: „Oculi censentur“. Swammerdamm gedenkt einfach der „sechs schwarzen Augen“ bei der Zergliederung der Raupe eines Tagfalters. Beobachter wie Kleemann, Schäffer, Degeer nahmen ohne Bedenken die „sechs glatten Kügelchen auf jeder Seite“ für Augen, während Andere, wie z. B. Vallisnieri, Reaumur, sich dieser Deutung nicht anschliessen wollten oder wenigstens Zweifel hegten.

Siebenzig Jahre nach Malpighi hat Lyonet [4]) an der Raupe von Cossus ligniperda die Augen genau zergliedert und eine Abbildung des feineren Baues geliefert, welche meines Wissens die einzige über diesen Gegenstand ist, daher sich nicht blos in dem Werke von Serres (1813) copirt findet, sondern

---

1) Arch. f. Anat. u. Phys. 1829, S. 39, Taf. III, Fig. g 1, 2.
2) M. Tafeln z. vergleich. Anat. Taf. VI, Fig. 4,c.
3) a. a. O. Taf. VIII, Fig. 3,f; Fig. 4,H.
4) Traité anatom. de la chenille du saule 1762.

auch wenn ich mich recht erinnere [1]), in der neuen 1848 beendigten illustrirten Ausgabe von Cuvier's Regne animal wiederholt wird.

Es ist nun aber bemerkenswerth, dass trotz der Arbeit Lyonets die Entomologen noch nicht allgemein überzeugt waren, dass die sechs schwarzen Körner, welche an jeder Seite des Kopfes im Kreise stehen, unzweifelhaft Augen seien. Abgesehen von Gegnern wie Tiede [2]), der es wahrscheinlich zu machen sucht, dass „die Raupenarten keine Augen haben", sagt z. B. noch Latreille [3]), indem er fraglicher Organe gedenkt: „paroissent être de petits yeux lisses". Die Verfasser von zoologischen Lehrbüchern unserer Tage gehen entweder über diesen Punkt mit Stillschweigen hinweg, oder sie theilen der Raupe „fünf bis sechs Ocellen" zu, oder endlich sie läugnen die Augen schlechthin. In einer im Jahr 1851 erschienenen Naturgeschichte der lebenden und untergegangenen Thiere heisst es: „der Kopf der Raupe lässt weder Fühler noch Augen gewahren."

Ehe ich an die Darlegung des feineren Baues der Sehorgane der Raupen gehe, sei noch eines anderen sehr verbreiteten Irrthums gedacht. In verschiedenen zoologischen Schriften wird, um auf den Unterschied zwischen den Afterraupen oder Blattwespenraupen und den Schmetterlingsraupen aufmerksam zu machen, hervorgehoben, die Schmetterlingsraupen besässen mehre Augen, die Afterraupen hingegen nur eines. Nun habe ich mir den augenähnlichen schwarzen Fleck zur Seite des Kopfes einer auf Eichen lebenden Afterraupe (Tenthredo) angesehen und deutlich bemerkt, dass der schwarze Fleck kein Einzelauge ist, sondern innerhalb des schwarzen Fleckes stehen erst, ganz wie bei den eigentlichen Raupen, fünf Punktaugen.

Ich habe den feineren Bau des Auges an einer Anzahl von Raupen studirt, wie sie mir der Septembermonat gerade darbot. Es waren die Raupen von Cossus ligniperda, Bombyx rubi, Pygaera bucephala, Dasychira pudibunda und

---

1) Ich habe das Werk hier in Tübingen nicht zur Hand.

2) Ueber die Augen der Raupen. Neueste Mannigfaltigkeiten. 1777, S. 29. Dagegen Götze ibid. S. 273. Der Aufsatz Tiede's ist insofern nicht ohne Interesse, als man noch gegenwärtig von dilettirenden Raupensammlern ganz ähnliche Gründe hören kann. Auf das Mikroskop hält er nicht viel. „Es geht uns damit, wie den Gespenstersehern; bei schwebendem Licht und Schatten sehen wir, was wir suchen."

3) Le règne animal par Cuvier. 1817, T. III, S. 539.

Pieris brassicae; bei allen war die Struktur des Organs im Wesentlichen die gleiche [1]).

Schon bei Betrachtung der abgeschnittenen Kopfhälfte mit geringer Vergrösserung bemerken wir, dass die Augen verschieden gross und nach verschiedenen Seiten hin gestellt sind. Richtet man dann bei mässiger Vergrösserung den Fokus in die Tiefe des Auges, so unterscheidet man von oben nach unten zuerst einen braunen oder schwarzen Rand, dann nach der Tiefe zu zwei Bogenlinien, durchsetzt von radiären Streifen. Zu unterst im Mittelpunkt macht sich ein heller, aus dem dunklen Augenpigment hervorragender Körper bemerklich. Wer das einfache Auge der Hymenopteren in gleicher Weise vor sich gehabt hat, wird sich sagen müssen, dass das Raupenauge mit dem einer Biene, Wespe oder Ameise nicht ohne Weiteres auf eine Stufe zu stellen ist.

Zergliedern wir jetzt das Auge und gehen dabei vom Sehnerven aus, so finden wir, dass derselbe in so viel Aeste zerfällt, als Augen da sind. Jeder der Aeste schwillt unterhalb des Auges birnförmig an [2]), wobei das Pigment, welches schon weit vom Auge spurweise aufgetreten ist, sich jetzt massig angehäuft hat. Da nun hier das Pigment in gleicher Weise, wie sonst an den Augen eine längsstreifige Anordnung darbietet [3]), so darf man daraus auf eine ähnliche Differenzirung des Nervenendes schliessen. Ich habe in dieser Beziehung auch wenigstens soviel ermittelt, dass das Ende des Nerven in helle Streifen sich sondert, welche die Anfänge der Stäbe oder Gallertkolben sein mögen und dicht von den Pigmentkörnern umhüllt werden. Doch habe ich die nervösen Streifen bis jetzt nicht so isoliren können, dass mir ihre etwaige nähere Form erkennbar gewesen wäre. Das Pigment selber ist dunkel violett und entspricht dem Choroidealpigment. Nur am Gipfel des Sehnerven ist es tiefdunkel, nach rückwärts nimmt es einen rothbraunen Ton an.

Aus dem Pigmente ragt in jedem Auge, genau in der Mitte ein heller halbkugeliger Körper hervor, vom Habitus eines „Krystallkegels“ [4]). In frischem Zustande sehr weich und von klarem Aussehen, wird er im Weingeist

---

1) Sieh. m. Tafeln z. vergleichend. Anat. Taf. IX, Fig. 5 u. 6. Auge von Dasychira pudibunda.

2) Lyonet kennt die Theilung des Augennerven in sechs Aeste und deren Anschwellung an den Augen; auch spricht er von der „durchsichtigen Hornhaut.“

3) M. Taf. etc. Fig. 6,c.

4) a. a. O. Fig. 6,d.

körnig, trübe und etwas fester. Indem wir seiner Form näher nachforschen, ergibt sich bald, dass der Körper eigentlich dreigetheilt ist.

Zu den beschriebenen Augentheilen gesellen sich jetzt noch die von der äusseren Haut gelieferten Partien. Die Hornhaut wölbt sich nach aussen zu einer Linse hervor, aber nach innen ist sie konkav und diese innere Oberfläche ist ferner durch eine dreitheilige Figur [1]) ausgezeichnet, welche offenbar mit derjenigen, welche vorhin vom Krystallkegel erwähnt wurde, in Beziehung steht.

Die früher gedachten zwei Bogenlinien gehören der Linse, die innere insbesondere ihrer konkaven Seite an. Die ferner ebenfalls schon genannten radiären Streifen, welche diese Bogenlinie durchsetzen, rühren vom Pigment her; endlich der braune oder schwarze Rand zunächst der äusseren Haut ist einer Iris zu vergleichen. An dem rein von der äusseren Haut abgeschälten Auge ergibt sich hinsichtlich des Irisgürtels, dass derselbe eigentlich ein Theil der Matrix der Cuticula ist, wobei deren Zellen mit Pigment erfüllt sind.

Die Einzelaugen der Asseln (Oniscus, Porcellio) stehen in vier Reihen und bilden zusammen jederseits am Kopf einen rundlich viereckigen Haufen. Obschon man seit Treviranus die Augen der Asseln als Oculi conglomerati von den Oculi compositi unterschieden hat, so sind die Organe doch im Ganzen wenig untersucht worden; Joh. Müller [2]) hat an einer „ansehnlichen Cymothoa" den Bau zu erläutern gesucht und Lereboullet [3]) gab Darstellungen von einheimischen Arten [4]). Die Untersuchung ist hier zum Theil so schwierig, dass man völlig begreift, warum früher dem Gegenstande so wenig abzugewinnen war.

Ich habe zumeist die gewöhnliche Mauerassel (Oniscus murarius) zergliedert. Hier sieht man am Einzelauge zunächst zwar unschwer, dass die Hornhaut nach aussen stark gewölbt ist, aber sowie wir die innere Fläche uns zuwenden, entsteht die Frage, ist letztere ebenfalls konvex oder im Gegentheil konkav? Ich glaube mich überzeugt zu haben, dass sie konkav ist [5]). Jetzt

1) a. a. O. Fig. 6,a.

2) Arch. f. Anat. u. Phys. 1829, S. 42.

3) Mém. d. l. soc. du Muséum d'hist. natur. de Strasbourg, 1850, p. 119, pl. X, Fg. 181 u. 182.

4) Auch da und dort trifft man noch auf hieher gehörige Notizen. So z. B. über die Gattung Haplophthalmus.

5) Sieh. m. Tafeln z. vergl. Anat. Taf. VI, Fig. 8 u. 9 (der napfförmige Schatten hinter der Hornhaut, welcher irrthümlich auf eine Wölbung bezogen werden kann, ist dort weggelassen).

folgt, umgeben von Pigment, ein zweitheiliger lichtbrechender Körper, der näher bezeichnet aus zwei in der Quere liegenden Kugeln besteht [1]). Nach der Art, wie derselbe das Licht bricht, darf man annehmen, dass er kalkhaltig sei, was auch dadurch sich bestätigt, dass er nach Druck Sprünge bekommt, wie ein Otolith von Cyclas. Wird der Kalk durch Essigsäure ausgezogen, so erscheint der Körper zu zwei hellen, dicht zusammenliegenden Blasen aufgequollen. An Thieren, welche in Weingeist lagen, sticht er gelblich ab. Obgleich dieser lichtbrechende Körper durch seinen Kalkgehalt mit der ebenfalls kalkhaltigen Hornhaut Verwandtschaftliches hat, so ist er doch in seiner weiteren Natur von ihr wesentlich verschieden, was ich daraus schliesse, dass bei Thieren, welche 1—2 Tage lang in Essigsäure lagen, der fragliche Körper von gelöstem Augenpigment durch und durch röthlich geworden ist, während die Hornhaut keine Spur des Farbstoffes aufgenommen hat.

Wenn ich mit dem Bisherigen die Angaben Müller's über das Auge von Cymothoa vergleiche, so will es mir scheinen, als ob derselbe, trotzdem, dass er „von inneren Vertiefungen der Hornhaut spricht, doch diese Vertiefungen verkannt hat, wenn er in sie hinein „ganz deutliche Linsen oder Kugeln" verlegt. Denn dass Joh. Müller nicht damit die von mir vorhin erörterten verkalkten kugeligen Körper meint, geht daraus hervor, dass er der letzteren noch besonders als „Glaskörperchen" oder „fast kugliger, durchsichtiger, ebenfalls bernsteinfarbener Körper" gedenkt. Den eleganten Figuren bei Lereboullet entnehme ich, dass mit den „petits cristallins" wahrscheinlich die kalkhaltigen linsenartigen Körper bezeichnet sind.

Indem ich mit der Darlegung meiner eigenen Beobachtungen fortfahre, bemerke ich bezüglich des Pigmentes, dass auch hier die Scheidung in Iris- und Choroidealpigment nicht fehlt. Der Irisgürtel [2]) umgibt die kalkhaltigen linsenartigen Körper; das Choroidealpigment hüllt die Nervenenden ein [3]).

Der innerhalb des Choroidealpigmentes liegende Theil des Auges ist es, welcher besonders schwierig zu untersuchen ist. Es geht an je ein Auge ein Nerv, welcher mit seinem angeschwollenen und stark pigmentirten Ende bis zu den linsenartigen Kugeln reicht. Aus der streifigen Anordnung des Pigments

---

1) a. a. O. Fig. 8,h, h,¹.
2) a. a. O. Fig. 8,i.
3) a. a. O. Fig. 8,k.

lässt sich folgern, dass die Elemente des Nerven sich in ähnliche Endstäbe auflösen, wie diess auch sonst an den bisher behandelten Augen der Fall war. In der That ist es mir denn auch mehrmals gelungen, durch methodischen Druck und Zerrung Bilder zu erhalten, wie ich sie in der unten citirten Figur [1]) wieder gegeben habe. Die Fasern des Nerven giengen in Stäbchen aus, die in ihrer Form an die Nervenstifte des „Ohres" der Insekten [2]) gemahnten.

C. Das einfache und zusammengesetzte Auge mit einander verglichen.

Nach Joh. Müller besteht, wie schon erwähnt wurde, zwischen dem Sehen mit den einfachen und dem Sehen mit den fazettirten Augen ein ganz prinzipieller Unterschied. Eigentlich musste dieser Satz schon von vorne herein die grössten Bedenken erregen; wie seltsam wäre es, wenn zwei Organe in einem und demselben Thier vorhanden und beide zu gleicher Funktion, zum Sehen, bestimmt den Sehakt in grundverschiedener Weise vor sich gehen liessen? Wer wüsste hiezu eine Analogie in der übrigen Natur? Wie Joh. Müller will, wäre denn auch nur das einfache Auge dem Sehorgan der Wirbelthiere zu vergleichen, das fazettirte Auge sei ein Organ spezifischer Bildung.

Ich habe indessen längst gezeigt, dass im anatomischen Befund zwischen den beiden Augenarten keine wesentliche Differenz obwaltet, dass vielmehr die einfachen Augen nur eine Modifikation der fazettirten vorstellen, und wenn ich jetzt meine Gründe noch einmal zusammenfasse, so scheint mir das durch die Wichtigkeit des Gegenstandes gerechtfertigt zu sein. Hat doch auch der tiefblickende Darwin bei Aufstellung seiner Theorie vom genealogischen Zusammenhang der Thierwelt deutlich erkannt, dass die Augen der Arthropoden seiner Auffassung Schwierigkeiten in den Weg legten, wenn es sich hier wirklich nicht um Abstufungen und Umänderungen einer Organisation handle, sondern um Organe die von Grund aus verschieden seien.

1) a. a. O. Fig. 8. (Das dritte Auge links, Pigment theilweise weggelassen.)
2) Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 401; ebendaselbst Jahrg. 1860.

Von untergeordneter Bedeutung ist offenbar, ob eine eigentliche Sklerotika vorhanden ist, oder ob sich das Auge nur durch eine zartere bindegewebige Hülle vom übrigen Körperparenchym absetzt. Ich habe in Obigem gezeigt, dass übrigens auch am einfachen Auge, indem das Neurilemm des Sehnerven sich als äussere Grenzhaut des Auges fortsetzt, eine Art Sklerotika zugegen sein kann.

Ungleich wichtiger ist das Verhalten der Cornea, ja der Hauptunterschied im Bau der einfachen und fazettirten Augen beruht auf den Eigenschaften dieser Haut. In den beiden Augenarten ist die Cornea ein hell gewordener Abschnitt der äusseren Chitinhaut und sowohl am zusammengesetzten wie am einfachen Auge entwickeln sich Linsen dadurch, dass sich die Hornhaut nach innen kugelig verdickt, und ausser den oben namhaft gemachten Thieren habe ich früher die Linse von Mygale, Clubiona, Lycosa und Phalangium nach Form und feinerem Bau (Schichtung, Porenkanäle u. s. w.) näher beschrieben [1].

Während aber im zusammengesetzten Auge die Hornhaut in ebensoviele einzelne Abtheilungen oder Fazetten zerfällt, als Nervenstäbe vorhanden sind, lässt im einfachen Auge eine einzige ungetheilte Hornhaut und eine einzige Linse das Licht zu den stabförmigen Nervenenden treten. Aber es möchte hiebei nicht zu vergessen sein, dass es zusammengesetzte Augen giebt, denen die Fazetten fehlen.

Eine besondere Modifikation des sogenannten einfachen Auges ist diejenige, welche ich oben an den Raupen und Asseln erörterte. Hier ist die Hornhaut zwar nach aussen stark gewölbt, aber nach innen verdickt sie sich keineswegs zu einer Linse, sondern ist im Gegentheil ausgehöhlt. In diesem Falle lässt sich die Hornhaut nach ihrer Form etwa der von Alciope [2]) vergleichen und wie hier eine von der Hornhaut unabhängige Linse zugegen ist, so treffen wir auch jetzt besondere linsenartige Organe, wie ich sie oben beschrieben habe.

Weiterhin zeigt der nervöse Apparat des einfachen Auges der Spinnen [3]) und fertigen Insekten unverkennbare Aehnlichkeiten mit dem der Hauptaugen. Nicht nur dass die Nervenstäbe zugegen sind, sondern sie erheben sich auch aus einer gangliösen Anschwellung des Sehnerven. Nur am Auge der Asseln scheinen die faserigen Elemente des Sehnerven unmittelbar, ohne gangliöse Da-

---

1) Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 434.

2) Vergl. m. Histol. S. 259, Fig. 136.

3) Von mir an Mygale, Androctonus, Tegeneria, Clubiona, Argyronecta, Epeira, Salticus, Lycosa im Näheren beschrieben, Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 436 etc.

zwischenlagerungen, in die Stäbchen sich fortzusetzen. Dass im Hauptauge die Nervenstäbe manchfaltiger gegliedert sind, als im Nebenauge, ergibt sich aus den von mir in's Einzelne gehenden Darlegungen. Die ganz besondere, wenn man will riesige Entwicklung der Nervenstäbe im Hauptauge, bedingt auch, wie ich schon anderwärts ausgesprochen, die gefelderte Beschaffenheit der Hornhaut; dieselbe kann in ebensoviele Fazetten zerfallen, als Nervenstäbe da sind.

In der Anordnung des Pigments zeigt sich am Nebenauge so gut wie am Hauptauge der Unterschied zwischen einem Irisartigen Gürtel und dem eigentlichen Choroidealpigment. Nicht minder hat das letztere im einfachen Auge, indem es um und zwischen die Nervenstäbe sich gruppirt, wie im zusammengesetzten eine streifige Vertheilung.

Die nähere Natur des Pigments anlangend, so besteht auch im einfachen Auge die Hauptmasse aus dunkel-violetten bis schwarzen Körnchen. Daneben können aber auch noch andere Pigmente, hellviolettes, gelbes, weisses beigemischt sein [1]. Manche Spinnen lassen ein prächtig glänzendes Tapetum aus dem Inneren des Auges hervorleuchten [2].

Endlich habe ich bei verschiedenen Spinnen nachgewiesen, dass die Pigmentlage des einfachen Auges gleich den zusammengesetzten mit Muskeln ausgestattet sei [3] und auch eine Methode angegeben, wie man bei lebenden Thieren die zuckenden Bewegungen des Augengrundes leicht und sicher direkt beobachten könne [4].

Man hat schon öfter darauf hingewiesen, dass durch Häufung der einfachen Augen zur Seite des Kopfes ein Aequivalent des fazettirten Auges zu entstehen vermöge. Ich habe früher eine Beobachtung mitgetheilt, die noch schwerer in's Gewicht fallen dürfte, indem sie zeigt, dass ein Auge, welches nach Lage und äusserem Ansehen Jeder als ein fazettirtes Auge ansprechen würde, im Grunde aus einer grossen Anzahl einfacher besteht. Hiermit meine ich meine Beobachtungen an einem grossen exotischen Prionus, worüber man das Detail a. a. O. [5] nachsehen möge.

---

1) Vergl. ausser den obigen Mittheilungen auch meine früheren Angaben a. a. O. S. 438.

2) a. a. O. S. 439 von Micryphantes, Tegeneria, Dysdera, Tetragnatha, Clubiona, Theridium, Phalangium, Argyronecta etc.; üb. d. Elementarorganisation des Tapetums a. a. O. 440 (od. Histol. S. 254).

3) a. a. O. S. 440.

4) a. a. O. S. 441.

5) Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 421, Taf. XVI, Fig. 29.

Nach all diesem ziehe ich daher jetzt noch geradeso wie vor zehn Jahren den Schluss, dass die sogenannten einfachen und sogenannten zusammengesetzten Augen nicht von Grund aus verschieden angelegte Organe seien, sondern einheitlich zusammengehören. Denkt man sich ferner, dass die in Eins verwebte Retina und Choroidea durch die Entwicklung eines Glaskörpers, der eben bei Arthropoden fehlt, eingedrückt, also konkav wäre, so würde die grosse Aehnlichkeit mit dem Auge der Wirbelthiere, der Mollusken und Würmer noch klarer hervortreten.

D. Physiologisches.

a. Bemerkungen über die Weise des Sehens.

Ich beschränke mich hiebei auf folgende Sätze.

1) Durch das Experiment ist nachgewiesen, dass auch am fazettirten Auge Bildchen äusserer Gegenstände hinter der Hornhaut erzeugt werden, was schon allein genügt, die Müller'sche Theorie vom musivischen Sehen als unhaltbar aufzugeben. Mir will vorkommen, als ob übrigens Joh. Müller diess selbst gefühlt habe, wenigstens macht die Anmerkung, welche er als Herausgeber des „Archivs für Anatomie und Physiologie" der Abhandlung Gottsche's beifügte, auf mich den Eindruck, als ob er schwankend geworden. Wäre diess nicht der Fall gewesen, so hätte er wohl noch Gelegenheit genug gehabt, seine Theorie zu vertheidigen, aber er beliess es bei den dort gebrauchten Worten.

2) Im fazettirten Auge entsteht hinter der Hornhaut nicht ein einziges Bild, sondern das Bild ist vervielfacht nach der Zahl der Hornhautfazetten. „Zieht man die durchsichtige Hornhaut ab", sagt ein früherer Schriftsteller, „und hält sie gegen einen Menschen, so sieht man ein ganzes Heer von Zwergen."

3) Die Erzeugung dieser Bildchen geschieht durch die linsenartigen Wölbungen der Hornhaut.

4) Der Licht empfindende Theil sind die Nervenstäbe und ihre Enden, die sogenannten Krystallkegel, oder vielleicht liesse sich vom physiologischen Stand-

punkt aus annehmen, die bezeichneten Theile seien lichtbrechend und lichtempfindend zugleich. Streng genommen besteht auch für die Retinastäbchen der Wirbelthiere dieselbe Unsicherheit. Die Hauptfunktion der Stäbchen wird zwar Jeder gegenwärtig darin erblicken, dass sie lichtempfindende Theile sind, aber wer kann bestimmt verneinen, dass sie nicht auch nebenbei durch ihre lichtbrechenden Eigenschaften wirken; wer vermag überhaupt genau zu sagen, wo die lichtbrechende Thätigkeit aufhört und die lichtempfindende anfängt?

Meine Ansicht, die Nervenstäbe und Krystallkegel als lichtempfindende Organe zu betrachten, wich allzusehr von der gang und gäben Auffassung ab, als dass sich sofort eine allgemeine Zustimmung hätte erwarten lassen. Indessen schon der nächste kompetente Beobachter, Gegenbaur[1]), schloss sich meiner Ansicht an, indem er an Hyperiden „Krystallkegel" nachwies, welche sich nach hinten in einen immer dünner werdenden Faden fortsetzten, und so auf geradem Wege zum Kopfganglion und bis in dasselbe hinein zu verfolgen waren.

Sehr bemerkenswerth ist in dieser Frage das Verhalten Claparède's. Der Leser seiner (oben citirten) Abhandlung wird beim Beginn sich die Meinung bilden, dass als das Ergebniss der Arbeit die Widerlegung meiner Beobachtungen und Ansichten hervorgehen werde. Im weiteren Verlauf ändert sich diess. Abgesehen von dem Kompliment, dessen ich schon Eingangs gedachte und die Zulässigkeit des Vergleiches hinsichtlich des Baues der Wirbelthiere und der Arthropoden zum Gegenstand hat, spricht unser Autor zwar aus, dass er „sich mit meinen neuen Auffassungen nicht recht befreunden" könne. Wohl bemerkt, ohne dass er die Sache geprüft hatte; nachdem diess geschehen, erklärt er, dass zwar seine „Bedenken immer noch in demselben Grade bestehen", dass sie aber „bei der weiteren Untersuchung sich keineswegs verstärkt haben", ja er „werde Gründe anführen", warum er diese meine Vorstellung „nicht für grundlos erklären darf". Es scheint ihm vom morphologischen Standpunkt aus meine Zusammenstellung der Nervenstäbe mit der Stäbchenschicht des Auges der Wirbelthiere haltbar. Endlich ebenfalls nach Untersuchung von einer Hyperia meint er, dass die Organisation des Auges dieses Thieres und „ähnliche Vorkommnisse dafür sprechen, dass L., wenigstens für gewisse Fälle nicht Unrecht hatte, als

---

1) Zur Kenntniss der Krystallstäbchen im Krustenthierauge. Arch. f. Anat. u. Phys. 1858.

er den Krystallkörper für ein nervöses Gebilde erklärte". Man sieht eben, der Genfer Beobachter, obschon meiner Ansicht von vornherein abgeneigt, ist nicht im Stande, neue gegen mich zu verwerthende Thatsachen vorzulegen.

Wenn er am Schlusse auch noch meine Angaben über die Krystallkörper von Elater noctilucus und Cantharis melanura [1]) als solcher gedenkt, welche nicht zu Gunsten meiner Ansicht verwendet werden können, so erlaube ich mir zu bemerken, dass man sich solche Fälle durch Annahme eines auch die Nervensubstanz ergreifenden Chitinisirungsprozesses erklären dürfe. Ich habe schon anderwärts gezeigt, dass nicht blos Bindesubstanz, sondern auch Muskelfasern chitinisiren können; warum soll diess nicht auch in seltenen Fällen mit Nervensubstanz geschehen können?

Da Claparède vom morphologischen Standpunkt aus meiner Auffassung nicht viel beikommen kann, so soll diess auf dem Wege physiologischer Betrachtung geschehen. Leeuwenhoeck, wie oben bereits erwähnt, hat zuerst gezeigt, dass hinter den Hornhautfazetten gleich Sammellinsen Bildchen äusserer Gegenstände erzeugt werden. Gottsche beobachtete, dass die Bildchen auch da sind, wenn noch die Krystallkegel der Hornhaut anhaften. Daraus aber, wie Cl. thut, schliessen wollen, dass die Krystallkörper linsenartige Vorrichtungen seien zur Erzeugung des Bildes, finde ich nicht korrekt. Es ist Thatsache, dass an der von den Krystallkörpern völlig gereinigten Hornhaut, z. B. der Käfer, die Bildchen in aller Reinheit erzeugt werden. Hätten nun die Krystallkörper lediglich die Bedeutung der Linsen, so wären sie hier ganz überflüssig, da ja das Bild ohne ihre Mitwirkung durch die Hornhautfazetten allein entsteht, welcher Widerspruch sich noch steigert, wenn man bedenkt, dass gerade bei Käfern die Krystallkörper sehr entwickelt sich zeigen. Dann kann ich auch nicht gelten lassen, wenn Claparède fast ähnlich wie Joh. Müller die Bedeutung der Hornhaut für die Erzeugung der Bilder dadurch zu verringern sucht, dass dieselbe „nur in wenigen Fällen" eine solche Konvexität besitze, um Bilder zu entwerfen; denn ich sehe im Gegentheil, dass das linsenartige Gewölbtsein der Hornhautfazetten die weitaus häufigere Erscheinung ist.

Am Ende werde ich mich mit meinem Gegner doch noch verständigen können, denn auch Claparède macht fragweise die Bemerkung: „Wäre es

1) a. a. O. S. 420.

aber vielleicht nicht möglich, dass diese Gebilde als lichtbrechende und nervöse Gebilde zugleich fungiren?“

5) Eine besondere Schwierigkeit in der Erklärung des Sehaktes liegt in der Vervielfachung des Bildes. „Wenn die Insekten auf diese Weise jeden Gegenstand viel tausendmal sehen“, können „sie eigentlich nichts ordentlich sehen.“ Allein wenn auch im Auge selber die äusseren Gegenstände vervielfacht sich abspiegeln, zum Gehirn wird doch wohl das Empfundene nur als Ein Bild geleitet werden. Und diess erkläre ich mir aus der S. 29 besonders betonten Thatsache, dass keineswegs je ein Nervenstab einer einzigen Nervenfaser entspricht, sondern die Nervenstäbe gehören bündelweise zu einer Faser und diese wieder vereinigen sich rückwärts, also zum Gehirn hin, abermals zu Stammfasern. Nach dem, was ich über diesen Gegenstand erforscht habe, lässt sich das ganze Verhältniss der Nervenfasern zu den Nervenstäben mit den Blüthenständen vergleichen, welche die Botaniker „zusammengesetzte Dolden“ nennen. Auf Grund dieses Baues denke ich mir, dass wie die Nervenstäbe, so auch die von ihnen aufgenommenen Bilder, zusammenfliessen und als Ein Bild im Gehirn aufgenommen werden. Nicht unerwähnt darf gelassen werden, dass für die sogenannten einfachen Augen, sobald sie gehäuft stehen, eigentlich dieselbe Vervielfältigung der Bilder zu Stande kommt, und nach dem, was ich oben über den Bau der einfachen Augen der Biene erörtert, in gleichem Sinne zu lösen ist.

b. Leuchtende Augen.

Ich habe früher [1]) der durch ein Tapetum leuchtenden Augen gewisser Spinnen gedacht und den Bau dieses Tapetums auseinander gesetzt, ebenso das Verhalten eines ähnlich schillernden Pigments bei Insekten und Krebsen. Dort ist das Leuchten der Augen ganz demjenigen der Wirbelthiere, welche mit einem Tapetum versehen sind, zu vergleichen.

Dann habe ich später, anknüpfend an meine Beobachtung an Liparis [2]), ein Tapetum ganz eigener Art im Auge der Abend- und Nachtfalter nachgewiesen. „Oeffnet man das Auge eines grösseren Thieres, z. B. von Sphinx pinastri durch einen senkrechten Schnitt, so erscheint hinter dem dunkeln Pigment ein lebhafter, silberglänzender Streifen mit vorderem röthlichem Rande.

1) Arch. f. Anat. u. Phys. 1855, S. 439; Histolog. S. 254.
2) a. a. O. (Arch. f. Anat. u. Phys.) S. 425.

Diese dichte silberfarbene Masse wird gebildet von einer Unzahl äusserst feiner Tracheen, in welche die Stammtracheen des Auges sich auflösen, und welche in gerade stehenden Büscheln die Anschwellungen der Nervenstäbe umgeben; der röthliche Schimmer rührt her von dem eigenthümlichen Roth, welches der Substanz der besagten Anschwellungen selber innewohnt" [1]). Nachdem ich noch die Schmetterlinge genannt, an welchen ich dieses Tapetum gesehen, schloss ich mit der Bemerkung: „am meisten entwickelt ist es wahrscheinlich beim Windenschwärmer (Sphinx convolvuli), von welchem Lepidopterologen (Kleemann) melden, dass die Augen desselben im Dunkeln wie glühende Kohlen leuchten". Gar gerne hätte ich dazumal einen lebenden Windenschwärmer beobachtet, aber es vergiengen mehre Jahre, bis mir dieses Vergnügen zu Theil ward. Erst im Herbste 1861 konnte ich des Thieres in beliebiger Menge im Bad Brückenau (Rhön) habhaft werden. Und was sah ich da?

Als ich das erste lebende Thier in der Abenddämmerung erhaschte und sofort im Freien auf die Beschaffenheit der Augen prüfte, war ich nicht wenig betroffen auch keine Spur von einem Leuchten zu gewahren. Die Augen hatten dasselbe dunkle Aussehen, wie etwa bei einem Käfer. Zu Hause angekommen, wende ich meine Aufmerksamkeit wieder auf den Falter, im erhellten, sowie im ganz dunkeln Zimmer, doch — die Augen leuchten eben nicht! Des Experimentirens müde, sperre ich das Thier in eine ausgeräumte Kommodeschublade. In aller Frühe des andern Morgens sehe ich nach dem Windig; ich ziehe behutsam die Schublade etwas hervor, der Falter sitzt ruhig am Rande, ich blicke nach seinen Augen — und sie leuchten jetzt prächtig „wie glühende Kohlen".

Ich glaubte nun die Bedingungen zu kennen, unter denen das Leuchten auftritt. Der Käfig des Falters stand vom Licht abgewendet, die Fensterläden waren geschlossen bis auf einen, die Augen leuchteten als nur durch den Spalt der geöffneten Schublade auf das im Dunkeln sitzende Thier etwas Licht fiel. Unter ähnlichen Verhältnissen sieht man bekanntlich auch am ehesten z. B. an Hunden und Katzen das Leuchten ihrer Augen.

Aber seltsam, als ich einige Stunden später das noch immer wie im Schlafe ruhig dasitzende Thier besehe, ist, trotzdem dass ich genau dieselben Umstände wieder herbeiführe, nicht die leiseste Spur von einem Leuchten wahrzunehmen.

1) Histol. S. 255.

Die Augen haben wieder das dunkle, sammtschwarze Aussehen, wie Abends zuvor. Dieselbe Unbeständigkeit beobachtete ich an andern frisch eingefangenen Thieren. Bei dem einen Individuum gelang es mir unter keinen Umständen das Leuchten zu erblicken, bei anderen trat es ein!

Ich mikroskopirte die Augen, wobei sich ergab, dass kein metallisch glänzendes oder Tapetalpigment zugegen ist, sondern nur das violettbraune und um die Krystallkegel eine schwache Abstufung des gleichen Farbstoffes. Hingegen zeigt sich, wie schon oben erörtert, die Tracheenschicht des inneren Auges stark entwickelt. Trägt man die ringsum eingeschnittene Hornhaut ab, entfernt Krystallkegel, Pigment und den obern Theil der Nervenstäbe, so erscheint für's freie Auge ein weissglänzender Knopf mit Rosaschimmer. Diess ist die *Tracheenzone mit den zurückgebliebenen Nervenstäben*. Das weisse atlasartige Aussehen rührt von den luftgefüllten Tracheenbüscheln her; der Anflug von Rosafarbe von den Nervenstäben.

Es kann nicht dem mindesten Zweifel unterliegen, dass abgesehen von dem Licht, welches nothwendig ins Auge fallen und reflektiren muss in diesen beiden Momenten, im Glanz der Tracheen und im Rosaschiller der Nervenstäbe, umgeben von dem braunen Choroidealpigment das Leuchten des Auges seinen eigentlichen Grund hat.

Da aber nach dem Obigen nicht zu jeder Zeit das Leuchten wahrgenommen werden kann, so darf man schliessen, dass eine innere Veränderung des Auges zugleich mit erfolgen müsse. Insoweit ich mit dem feineren Bau des Auges vertraut bin, kann die innere Veränderung entweder in einer stärkeren Füllung der Tracheen mit Luft beruhen, wodurch der Glanz vermehrt wird, oder die *Kontraktionszustände* der Pupillenschicht wechseln, und man hätte anzunehmen, dass nur bei gehöriger Erweiterung der Pupille der leuchtende Augengrund nach aussen sichtbar wird.

Aber trotz alledem bleiben Fragen zu beantworten übrig, für mich insbesondere die, warum nicht auch die Augen gewisser anderer Schmetterlinge und Insekten, von denen ich ebenfalls das Tracheentapetum (ob. S. 14) nachgewiesen, in gleicher Weise leuchten.

Möge das Vorliegende das Interesse eines Andern erwecken, welcher im Stande ist, diese und die übrigen noch offenen Fragen einer Lösung näher zu führen.
